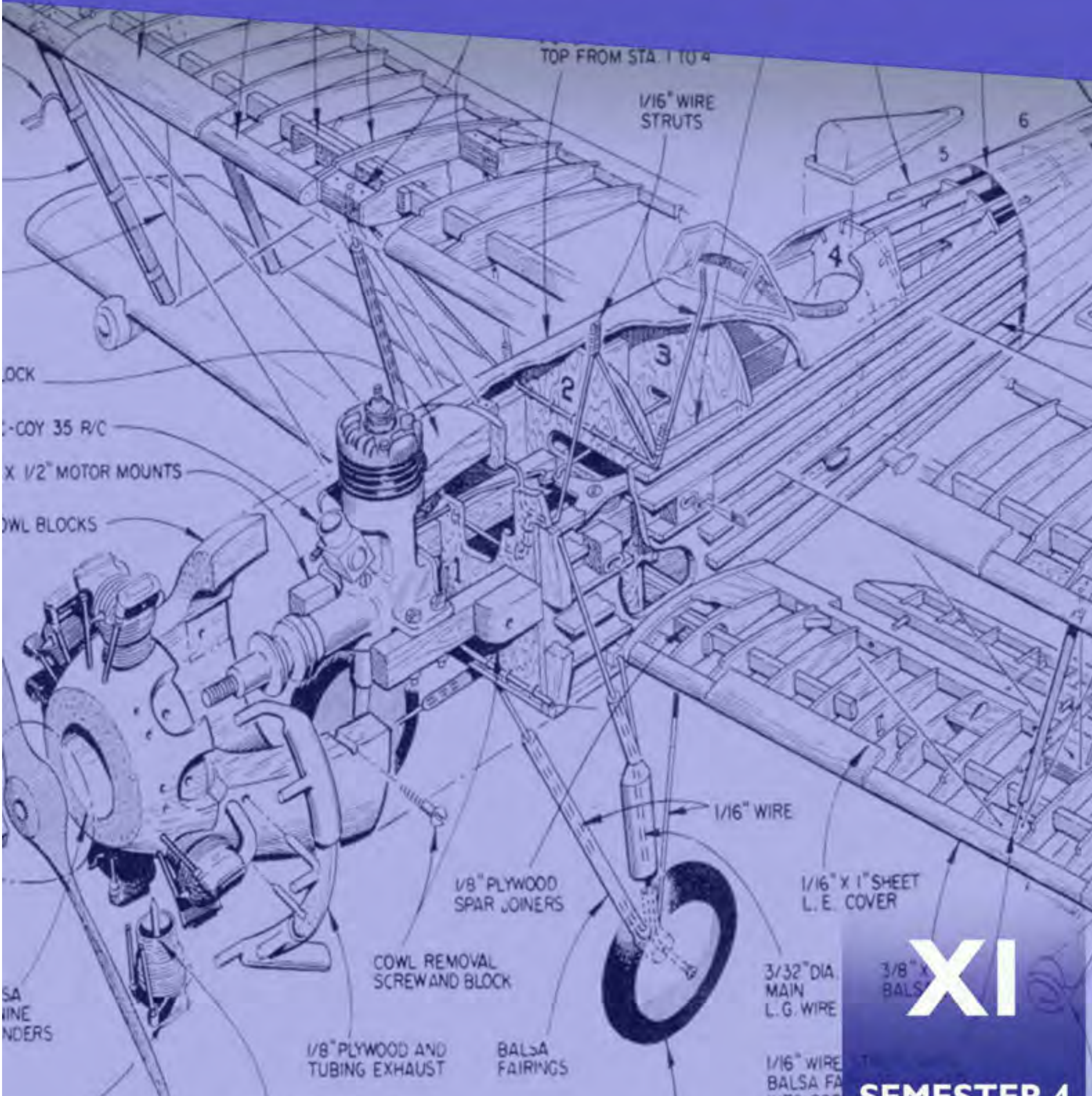
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013

AIRCRAFT DRAWING & CAD



XI

SEMESTER 1

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi. Didalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagai bahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. BukuSiswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta .

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas. Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus **dilakukan** peserta didik. Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus **dilakukan** peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.

Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian buku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat

memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Januari 2014

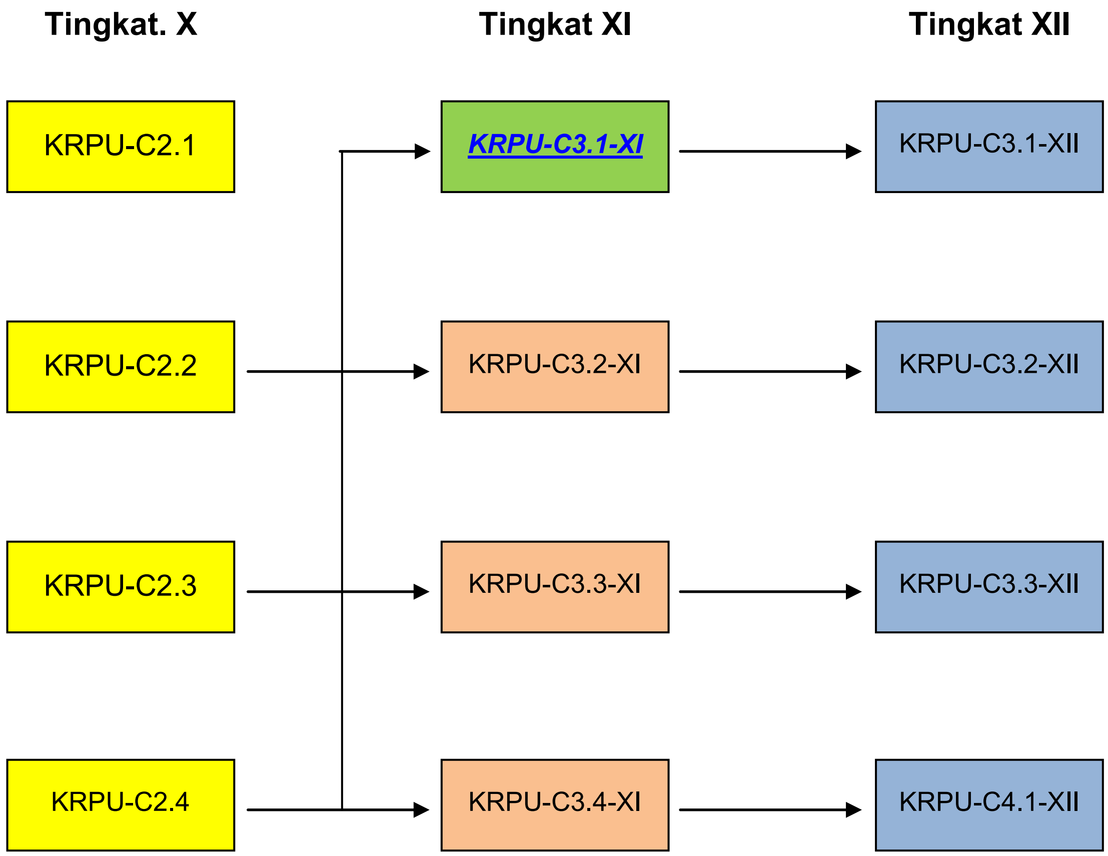
Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

DAFTAR ISI

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

Diagram berikut ini menunjukan tahapan atau tata urutan penyampaian Bahan Ajar untuk Program Keahlian Konstruksi Rangka Pesawat Udara (KRPU) atau *Airframe Mechanic* (*AFM*) yang akan dipergunakan dalam pelatihan para Siswa dalam kurun waktu 3 tahun dari tingkat X sampai dengan tingkat XII.



Keterangan:

KRPU-C2.1	=	Simulasi Digital		
KRPU-C2.2	=	Basic Aircraft Technology and Knowledge (BATK)		
KRPU-C2.3	=	Basic Skills		
KRPU-C2.4	=	Aerodynamics and Flight Control (AFC)		
KRPU-C3.1-XI	=	KRPU-C3.1-XII	=	***Aircraft Drawing & CAD***
KRPU-C3.2-XI	=	KRPU-C3.2-XII	=	Aircraft Manufacture & Assy Part
KRPU-C3.3-XI	=	KRPU-C3.3-XII	=	Aircraft Hydraulic & Pneumatic System
KRPU-C3.4-XI	=	KRPU-C3.4-XII	=	Aircraft Material Composite

GLOSARIUM

Accumulator: peralatan untuk menyimpan cairan bertekanan, biasanya terdiri dari suatu ruangan terpisah terdiri gas dan cairan dengan menggunakan kantong, piston atau diafragma. Akumulator juga menghaluskan lonjakan tekanan yang keluar dalam sistem hidrolik.

Actuating Cylinder (Actuator): peralatan untuk mengubah tenaga hidrolik menjadi gaya dan gerakan mekanik lurus.

Actuating Cylinder, Double-action: silinder penggerak dimana kedua langkah dihasilkan oleh cairan bertekanan.

Actuating Cylinder, Single-action: silinder penggerak dimana satu langkah dihasilkan oleh cairan bertekanan dan langkah lainnya dihasilkan oleh beberapa gaya yang lain, misalnya oleh gaya gravitasi atau tekanan pegas.

Acuan Penilaian: Pernyataan kondisi dan kontek sebagai acuan dalam melaksanakan penilaian.

Analog: Pemrosesan data dengan nilai variabel secara berkelanjutan

Axis: Garis tengah yang ditarik memanjang melalui sekrup.

Blok aplikasi: Bagian gambar sub rakitan yang menunjukkan nomor acuan untuk gambar rakitan

Busur: Bagian dari keliling lingkaran

Connector: Alat pengikat atau penjepit (fitting) untuk mengikatkan (menyambungkan) konduktor ke komponen.

Control Valve: Katup yang digunakan untuk mengendalikan/mengatur keluar masuknya fluida pada silinder hydraulik

Diagram Jaringan (Hubungan): Sebuah diagram yang menunjukkan hubungan individu dalam unit dan pengaturan fisik dari komponen.

Diaphragm: Perangkat karet sintetis yang membagi akumulator menjadi dua kompartemen yang terpisah, satu untuk udara dan yang lainnya untuk cairan.

D C V: *directional control valve* = katup pengarah

Elip: Konstruksi geometris yang mempunyai sumbu panjang dan sumbu pendek.

Fitting: Sambungan antara pipa dengan selang dalam sistim hydraulik.

Gambar proyeksi ortogonal: Gambar dalam bidang datar, yang menyajikan benda dalam tampak depan, tampak samping, atau tampak atas.

Garis Air: Kerangka bagian garis memanjang horisontal pada lambung kapal

Garis Perpotongan: Garis yang terbentuk karena ada dua benda saling berpotongan

Gambar Bentangan: Gambar permukaan benda bila dibuka atau dibentangkan

Gambar Piktorial: Gambar yang menjelaskan benda sehinnga bentukya Seperti yang terlihat oleh mata, gambar isometrik

Garis Sambungan: Garis yang padanya kedua bagian benda akan disambung

Garis Netral: Garis yang membatasi daerah kena beban tarikdan daerah kena beban tekan.

Hydraulik: cabang mekanika atau teknik yang berhubungan dengan kerja atau penggunaan tenaga cairan bertekanan melalui tabung atau saluran di bawah tekanan untuk mengoperasikan berbagai mekanisme.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L): Peraturan –peraturan yang berlaku berdasarkan pada landasan hukum yang berkaitan dengan aktifitas di lingkungan kerja, Bengkel, dan Industri secara spesifik maupun umum.

Kompetensi: Kemampuan seseorang yang dapat diobservasi yang mencakup atas pengetahuan, keterampilan dan sikap dalam menyelesaikan suatu pekerjaan atau tugas sesuai dengan standar kinerja yang ditetapkan.

Pandangan: Gambar sisi atau bidang dari suatu obyek jika dilihat dari satu titik

Pandangan Bantu (*Auxiliary View*): Sebuah bidang tambahan dari suatu obyek, dibuat seolah-olah dilihat dari lokasi yang berbeda. Hal ini digunakan untuk menunjukkan fitur yang tidak terlihat dalam proyeksi normal.

Penyisihan Bengkokan (*Bend Allowance*): Jumlah tambahan logam yang digunakan dalam sebuah bengkokan dalam pembentukan fabrikasi logam.

P&IDs: singkatan dari *Piping and Instrumentation Diagrams,* adalah diagram sistem pemipaan dan sistem instrumentasi.

Potongan Sejajar: Gambar potongan di mana beberapa fitur dalam diputar ke dalam atau ke luar dari bidang gambar

Proyeksi Aksonometri: Satu set dari tiga atau lebih pandangan di mana obyek tampil diputar pada suatu sudut, sehingga lebih dari satu sisi terlihat

Standar Kompetensi: Kesepakatan tentang Kompetensi yang diperlukan pada suatu bidang pekerjaan oleh seluruh stake holder di bidangnya,atau perumusan tentang kemampuan yang harus dimiliki seseorang untuk melakukan tugas atau pekerjaan yang didasari atas pengetahuan keterampilan dan sikap kerja sesuai dengan unjuk kerja yang dipersyaratkan.

Sudut: gambar yang terbentuk oleh dua garis atau bidang yang melewati atau bertemu pada titik yang sama

Zona Angka: Angka dan huruf di perbatasan gambar untuk menyediakan titik referensi untuk membantu dalam menunjukkan atau menemukan titik-titik tertentu pada gambar.

BAB. I

PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI

Buku teks bahan ajar “*Aircraft Drawing& CAD*” ini dikembangkan sesuai persyaratan yang diperlukan pada peraturan penerbangan dan untuk memenuhi persyaratan otoritas dari *Civil Aviation Safety Regulation* (*CASR*) bagian 65 dan *European Aviation Safety Agency* (*EASA*) bagian 66 dan juga untuk mengembangkan kompetensi bagi teknisi pesawat udara.

Komentar yang bermanfaat seperti rekomendasi, penambahan, dan bahkan penghapusan dan data terkait yang mungkin digunakan untuk meningkatkan dokumen pelatihan ini agar ditujukan kepada penulis.

Buku ini juga dirancang untuk menyediakan bahan pembelajaran pada Program Keahlian Teknik Pesawat Udara, khususnya untuk Paket Keahlian *Airframe Mechanic* atau Paket Keahlian lainnya yang didalamnya juga memuat Mata Pelajaran *Aircraft Drawing*.

Penjelasan dalam buku teks bahan ajar ini meliputi pengetahuan tentang fungsi gambar teknik dasar dalam *Aircraft Drawing*, penjelasan macam-macam garis dan fungsinya, tentang ukuran dan toleransi, metode menggambarkan obyek beserta simbol-simbolnya.

Pada buku teks bahan ajar ini juga dijelaskan tentang gambar kerja, cara membaca gambar, juga tentang macam-macam gambar pada aircraft drawing.

Sistem satuan yang digunakan pada buku ini adalah dengan sistem metrik atau yang dikenal dengan Sistem Internasional, disamping itu digunakan pula sistem satuan Imperial atau Sistem British, yang kadang-kadang juga disebut Sistem Teknik. Kedua sistem satuan ini sengaja ditampilkan mengingat kedua sistem ini diakomodir dan digunakan pada industri pesawat terbang sampai masa kini.

Satuan ukuran jika tidak disebutkan atau dinyatakan lain, maka yang dimaksud adalah dalam satuan mm.

Untuk menyelesaikan pembelajaran "*Aircraft Drawing*" diharapkan Anda dapat menyelesaikan secara urut tahap-tahap pembelajaran mulai dari Kegiatan Belajar 1, 2, 3, dan seterusnya dengan cara menjawab secara benar setiap pertanyaan maupun tugas-tugas yang diberikan minimal 70 persen dari setiap soal dan tugas yang menyertai setiap kegiatan pembelajaran.

B. PRASYARAT.

Berdasarkan peta kedudukan bahan ajar, maka sebelum mempelajari buku teks ini, diharapkan anda telah memahami dan tuntas terlebih dahulu dalam mata pelajaran Gambar Teknik Dasar.

Akan lebih baik jika siswa telah memiliki kemampuan dasar yang cukup memadai dalam bidang Basic Aircraft Technology and Knowledge, Basic Skills, dan Aerodynamics and Flight Control. Disamping itu diperlukan juga kemampuan dasar berhitung atau aritmatika dasar dalam matematika.

C. PETUNJUK PENGGUNAAN BAHAN AJAR

Program pembelajaran pada buku teks ini menggambarkan pembelajaran yang langsung telah disiapkan pada saat ini. Pada situasi kerja anda sendiri diharapkan selalu merujuk pada publikasi dan referensi terbaru.

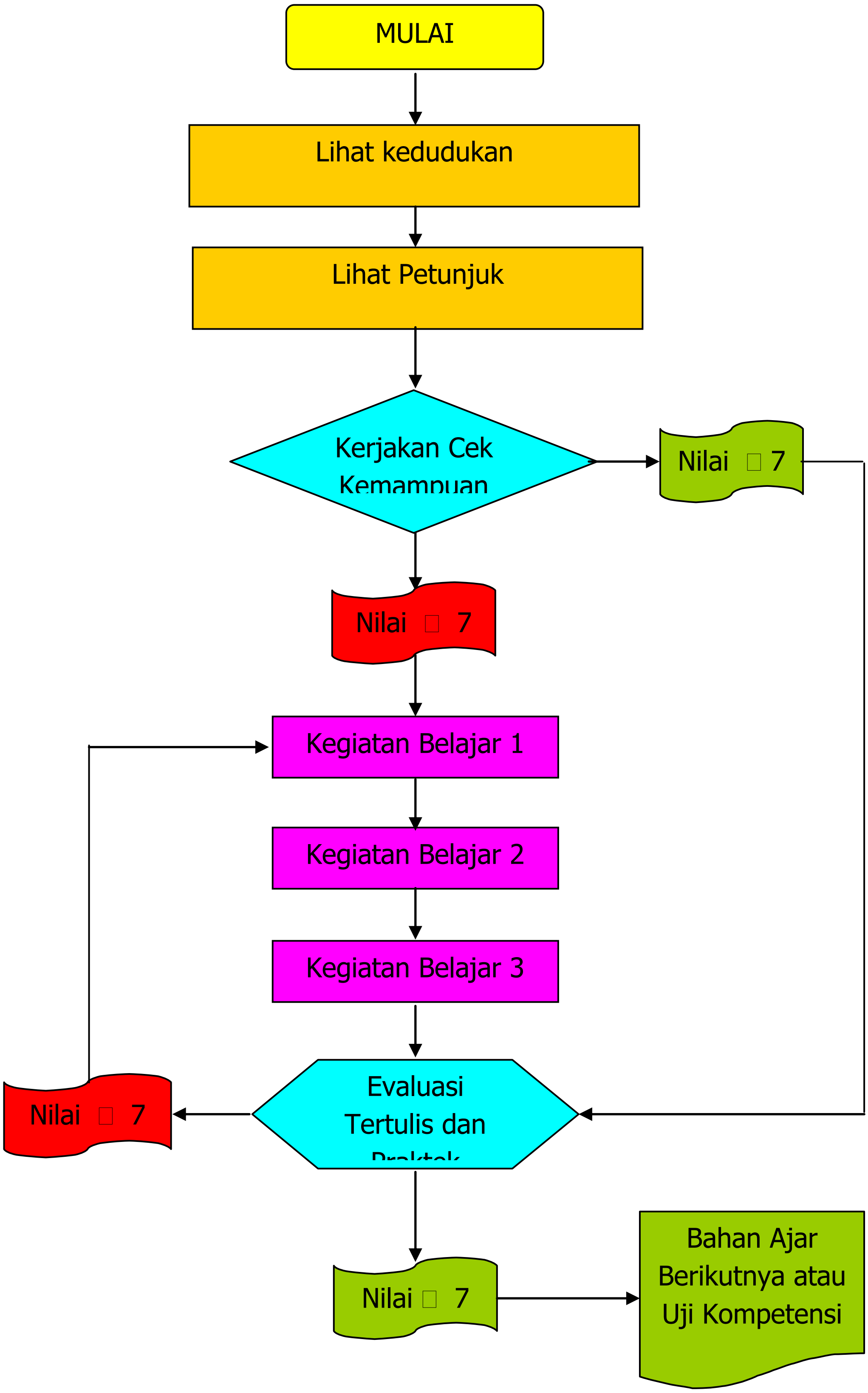
Penggunaan buku ini harus dilakukan secara sistematis dan bertahap, artinya anda harus membaca untuk memahami setiap kandungan yang ada pada buku ini, mulai dari bagian pendahuluan sampai bagian evaluasi secara tuntas. Jangan memulai pembelajaran mulai dari bagian tengah apalagi memulai di bagian akhir.

Anda diminta melakukan penilain diri (*self assessment*) terlebih dahulu untuk mengetahui kemampuan awal yang telah anda miliki sebelum kemudian melanjutkan pembelajaran ke tahap-tahap berikutnya.

Setiap soal dan tugas yang tercantum pada setiap kegiatan belajar harus dikerjakan dengan minimal harus memperoleh skor 70 persen, baru anda bisa melanjutkan ke tahap berikutnya.

Lakukan proses Pembelajaran dengan mekanisme seperti ditunjukkan pada diagram di bawah ini.

Diagram Mekanisme Pembelajaran:


MULAI
Lihat kedudukan
Lihat Petunjuk
Kerjakan Cek Kemampuan
Nilai 7
Nilai 7
Kegiatan Belajar 1
Kegiatan Belajar 2
Kegiatan Belajar 3
Evaluasi Tertulis dan Praktek
Nilai 7
Nilai 7
Bahan Ajar Berikutnya atau Uji Kompetensi

D. TUJUAN AKHIR

Setelah selesai proses pembelajaran diharapkan Siswa dapat:

1. Memiliki pengetahuan dasar membuat gambar cetak teknik (*blueprints*), membaca dan menafsirkan informasi yang terkandung dalam obyek gambar.
2. Memiliki pengetahuan dasar perawatan dan kepedulian menangani lembar gambar.
3. Anda juga diharapkan bisa mengidentifikasi dan menemukan kesalahan pada gambar teknik atau *blueprints* maupun komponen-komponennya begitu juga dalam pemeliharaan/ perawatan dan perbaikannya.

E. KOMPETINSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR.

Kompetensi inti dan kompetensi dasar yang harus dicapai setelah mempelajari buku teks ini adalah mengacu pada standar kompetensi dan kompetensi dasar yang tertuang pada silabus implementatif mata pelajaran "*Aircraft Drawing & CAD*". Isinya adalah sebagai berikut:

1. Kompetensi Inti :

a. KI 1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya

b. KI 2 : Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung-jawab, peduli gotong-royong, kerjasama, toleran, damai, santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.

c. KI 3 : Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.

d. KI 4 : Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung

2. Kompetensi Dasar

Berdasar Silabus Implementatif

3.1. Memahami aircraft drawing.

4.1. Menanya aircraft drawing.

3.2. Menerapkan aircraft drawing dari aircraft manual book.

4.2. Menyaji gambar komponen pesawat udara.

3.3. Menganalisis perangkat keras untuk CAD.

4.3. Mencoba perangkat keras untuk CAD sesuai konsep dan prosedur

3.4. Menganalisis perangkat lunak untuk CAD.

4.4. Menalar perangkat lunak CAD sesuai konsep dan prosedur aircraft drawing.

3.5. Menganalisis gambar 2 dimensi komponen pesawat udara.

4.5. Mengkreasi gambar 2 Dimensi komponen pesawat udara menggunakan bantuan CAD.

Catatan:

Angka 3 pada rumusan Kompetensi Dasar menunjukkan kemampuan yang berhubungan dengan Pengetahuan Kognitif.

Angka 4 pada rumusan Kompetensi Dasar menunjukkan kemampuan yang berhubungan dengan Keterampilan Psikomotorik.

F. CEK KEMAMPUAN AWAL.

Sebelum mempelajari lebih lanjut Bahan Ajar dengan kode **KRPU-C3.1-XI** (***Aircraft Drawing & CAD***)ini, lakukan penilaian diri (sel assessment) untuk mengetahaui terlebih dahulu kemampuan atau kompetensi yang telah Anda miliki dengan membubuhkan tanda cek (□) pada kolom jawaban "**ya**" atau "**tidak**" dengan sikap jujur, apa adanya, dan dapat dipertanggung jawabkan :

KOMPETENSI DASAR	PERNYATAAN	JAWABAN		BILA JAWABAN 'YA', KERJAKAN
		YA	TIDAK	
Memahami Konsep Aircraft Drawing.	1. Saya dapat menjelaskan alat-alat gambar dan standarisasinya.			Soal Tes Formatif 1.
	2. Saya dapat menjelaskan standar gambar yang digunakan pada air craft drawing.			
	3. Saya dapat memahami instruksi yang terkandung pada aircraft drawing manual.			
	4. Saya dapat menjelaskan anatomi gambar.			
	5. Saya dapat menjelaskan jenis-jenis gambar.			
	6. Saya dapat menjelaskan kategori umum dari aircraft drawing.			

KOMPETENSI DASAR	PERNYATAAN	JAWABAN		BILA JAWABAN 'YA', KERJAKAN
		YA	TIDAK	
	7. Saya dapat menjelaskan tiga kelompok gambar kerja.			
	8. Saya dapat menjelaskan tentang toleransi dan jenisnya			
Menerapkan aircraft drawing dari aircraft manual book.	1. Saya dapat memahami aircraft manual book.			Soal Tes Formatif 2.
	2. Saya dapat memahami simbol-simbol yang tertera pada aircraft manual book.			
	3. Saya dapat membuat gambar cetak dari instruksi yang diberikan pada aircraft manual book.			
Menganalisis perangkat keras untuk CAD.	1. Saya dapat menjelaskan komponen perangkat keras pada fasilitas CAD.			Soal Tes Formatif 3.
	2. Saya dapat memahami gambar diagram dengan menggunakan CAD			

KOMPETENSI DASAR	PERNYATAAN	JAWABAN		BILA JAWABAN 'YA', KERJAKAN
		YA	TIDAK	
Menganalisis perangkat lunak untuk CAD	1. Saya dapat memahami komponen perangkat lunak pada CAD.			Soal Tes Formatif 4.
	2. Saya dapat melakukan proses menggambar dengan perangkat lunak CAD.			
Menganalisis gambar 2 dimensi komponen pesawat udara.	1. Saya dapat mengidentifikasi gambar 2 dimensi komponen pesawat udara.			Soal Tes Formatif 5.
	2. Saya dapat menggunakan CAD untuk menggambar komponen pesawat udara dalam dua dimensi.			
	3. Saya dapat memperbaiki gambar yang salah dari gambar atau blueprints yang ada.			

Bila jawaban Anda "**tidak",** maka Anda harus mempelajari Bahan Ajar ini secara cermat sampai tuntas.

BAB II

PEMBELAJARAN

A. DESKRIPSI

Gambar merupakan sebuah alat untuk menyatakan maksud dari seorang ahli teknik.Oleh karena itu gambar sering disebut sebagai “bahasa teknik”.Penerusan informasi adalah fungsi yang penting untuk bahasa maupun gambar.Gambar bagaimanapun juga adalah bahasa teknik oleh karena itu diharapkan bahwa gambar harus meneruskan keterangan-keterangan secara tepat dan obyektip.Dalam hal bahasa kalimat pendek dan ringkas harus mencakup keterangan-keterangan dan pikiran-pikiran yang berlimpah.Hal ini hanya dapat dicapai oleh kemampuan ,karir dan watak dari penulis.Dilain pihak keterangan dan pikiran demikian hanya dapat dimengerti oleh pembaca yang terdidik.Keterangan-keterangan dalam gambar yang tidak dapat dinyatakan dalam bahasa harus diberikan secukupnya sebagai lambang.-lambang.Oleh karena itu berapa banyak dan berapa tinggi mutu keterangan yang dapat diberikan dalam gambar tergantung dari perancang gambar .Sebagai juru gambar sangat penting untuk memberikan gambar yang tepat dengan mempertimbangkan pembacanya.Untuk pembaca penting juga berapa banyak keterangan yang dapat dibacanya dengan teliti dari gambar.

Tugas gambar digolongkan dalam tiga golongan berikut :

1. Penyampaian Informasi

Gambar mempunyai tugas meneruskan maksud dari perancang dengan tepat kepada orang-orang yang bersangkutan ,kepada perencanaan proses,pembuatan,pemeriksaan,perakitan dst.Orang-orang bersangkutan bukan

orang-orang pabrik sendiri,tetapi juga orang-orang dalam pabrik subkontrak.Penafsiran gambar diperlukan untuk penentuan secara obyektif.Untuk itu standar-standar,sebagai tata bahasa teknik ,diperlukan untuk menyediakan „ketentuan-ketentuan yang cukup”.

2. Pengawetan, Penyimpanan dan Penggunaan Keterangan

Gambar merupakan data teknis yang sangat ampuh,dimana teknologi dari suatu perusahaan dipadatkan dan dikumpulkan.Oleh karena itu gambar bukan saja diawetkan untuk mensuplai bagian-bagian produk untuk diperbaiki,tetapi gambar-gambar perlu juga disimpan dan diperlukan sebagai bahan informasi untuk rencana-rencana baru dikemudian hari.Untuk itu dipergunakan cara penyimpanan dan kodifikasi nomor urut gambar.

3. Cara-cara Pemikiran dalam Penyiapan Informasi

Dalam perencanaan,konsep abstrak yang melintas dalam pikiran diwujudkan dalam bentuk gambar melalui suatu proses.Masalahnya pertama-tama dianalisa dan disintesa dengan gambar.Kemudian gambarnya diteliti dan dievaluasi.Proses ini diulang-ulang sehingga dapat dihasilkan gambar-gambar yang sempurna.Dengan demikian gambar tidak hanya melukiskan gambar tetapi berfungsi juga sebagai peningkat daya berfikir bagi perencana.

Setelah mempelajari modul ini siswa diharapkan menyadari betapa pentingnya sebuah gambar bagi pekerjaan teknik.Selain itu siswa diharapkan bias membaca gambar teknik yang tidak terlalu rumit disamping bisa menuangkan gagasan sendiri kedalam bentuk gambar yang sederhana.

B. KEGIATAN BELAJAR

1. Kegiatan Belajar 1: KONSTRUKSI GEOMETRIK

a. Tujuan.

Materi dalam bab ini memungkinkan Anda untuk memahami dan bisa melakukan hal berikut :

- Mengidentifikasi sudut sebagai lancip (*acute*), tumpul (*obtuse*), penyiku (*complimentary*), atau pelurus (*supplemental*).
- Melukis dan membatasi gambar geometris.
- Menghitung derajat pada sebuah sudut dari segibanyak (*poligon*) beraturan.
- Mengidentifikasi bentuk-bentuk segiempat (*quadrilaterals*).
- Membagi dua sebuah garis, sudut, dan busur lingkaran.
- Mengonstruksi sebuah elips dengan menggunakan jangka atau metode fokus.

b. Uraian

Keakraban (*familiarity*) dengan metode langkah demi langkah yang digunakan untuk mengkonstruksi gambar geometris dan mengetahui definisi terkait tentang istilah akan membantu Anda memahami aplikasi praktis konstruksi geometris untuk memecahkan masalah.

Metode-metode yang sederhana atau metode yang disukai dari konstruksi geometris, serta metode alternatif, adalah faktor pengetahuan yang berharga bila digunakan dengan instrumen perancangan untuk membuat gambar yang akurat.

Konstruksi geometris berlaku sama untuk gambar yang dihasilkan oleh komputer seperti halnya dengan gambar instrumental yang lebih tradisional menggunakan segitiga, jangka, busur derajat, dan mistar lurus (*straightedges*).

Akronim

Tabel berikut berisi daftar akronim, Anda harus tahu untuk memahami materi dalam bab ini:

Akronim	Arti
DIA	Diameter
PI atau p	3,1416
RAD atau R	Radius

Bab ini mencakup topik-topik berikut:

Definisi Istilah

Pengantar

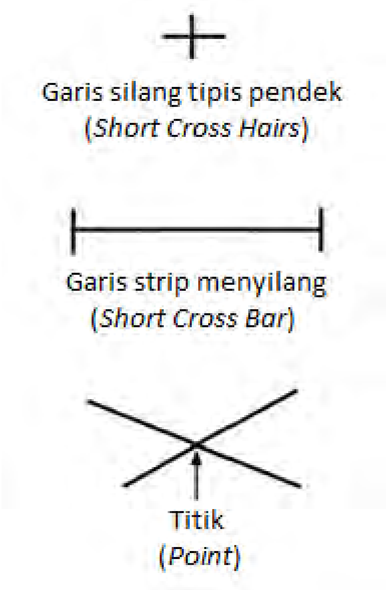
Mengetahui terminologi profesional yang digunakan dalam bidang yang dipilih adalah penting untuk setiap tingkat keberhasilan. Illustrator Draftsman tidak berbeda. Tanpa pengetahuan yang solid tentang definisi istilah yang digunakan dalam bidang ini, Anda akan merugi. Pastikan Anda memahami bab ini sebelum Anda melompat ke bab lain dalam panduan pelatihan ini.

Titik dan Garis

Diskusi dasar pada titik-titik dan garis-garis ini adalah untuk memastikan bahwa Anda memahami definisi dan representasi mereka. Jika Anda tidak mengerti cara singkat menggambar titik atau garis, pemirsa tidak akan tahu bagaimana menafsirkannya.

Titik:

Sebuah titik A adalah berlokasi di ruang. Tidak memiliki tinggi, lebar, atau kedalaman. Merupakan titik perpotongan dengan memotongkan garis strip menyilang (*short crossbars*) pada sebuah garis, atau perpotongan antara dua garis silang tipis pendek (*short cross hairs*). Jangan menggambarkan titik hanya dengan sebuah tanda titik di atas kertas.
Gambar 1-1 menunjukkan bagaimana menggambarkan sebuah titik di atas kertas.

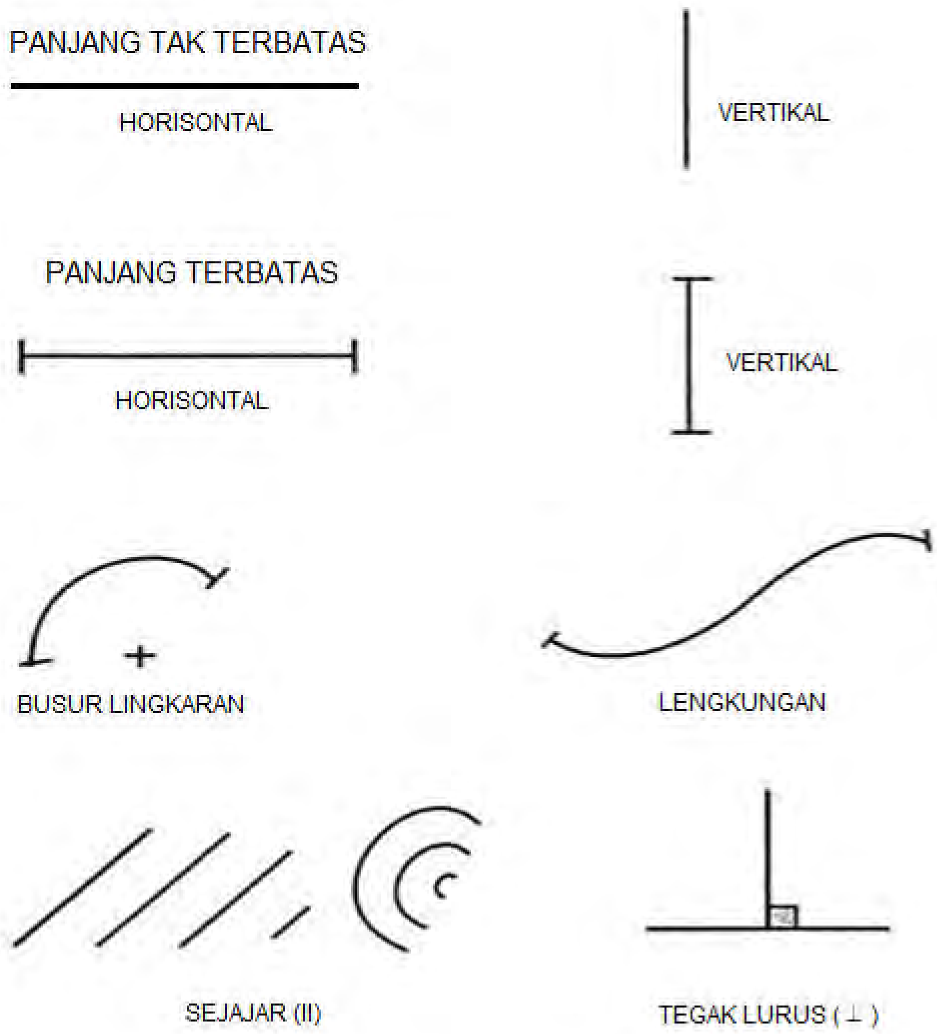


Gambar 1-1. Titik.

Garis:

Sebuah garis lurus adalah jarak terpendek antara dua titik dan sering disebut secara sederhana sebagai garis. Jika panjang garis tak terbatas atau tanpa titik akhir tetap, panjangnya adalah setiap jarak yang Anda pilih. Jika garis memiliki titik akhir tetap, tandai mereka dengan garis silang tipis yang ditarik secara mekanis. Garis lurus maupun lengkung adalah sejajar jika jarak terpendek antara mereka tetap konstan di seluruh panjang mereka. Jika sebuah garis sejajar dengan garis lain, gunakan simbol umum untuk tanda kesejajaran (||). Garis yang berpotongan tegak lurus (90 °) satu sama lain yang disebut sebagai tegak lurus. Tunjukkan tanda tegak lurus dengan garis-garis pendek berpotongan siku di sudut kanan (□) atau kotak persegi kecil di puncak (□) dari perpotongan.

Gambar 1-2 menunjukkan terminologi umum dari sebuah garis.

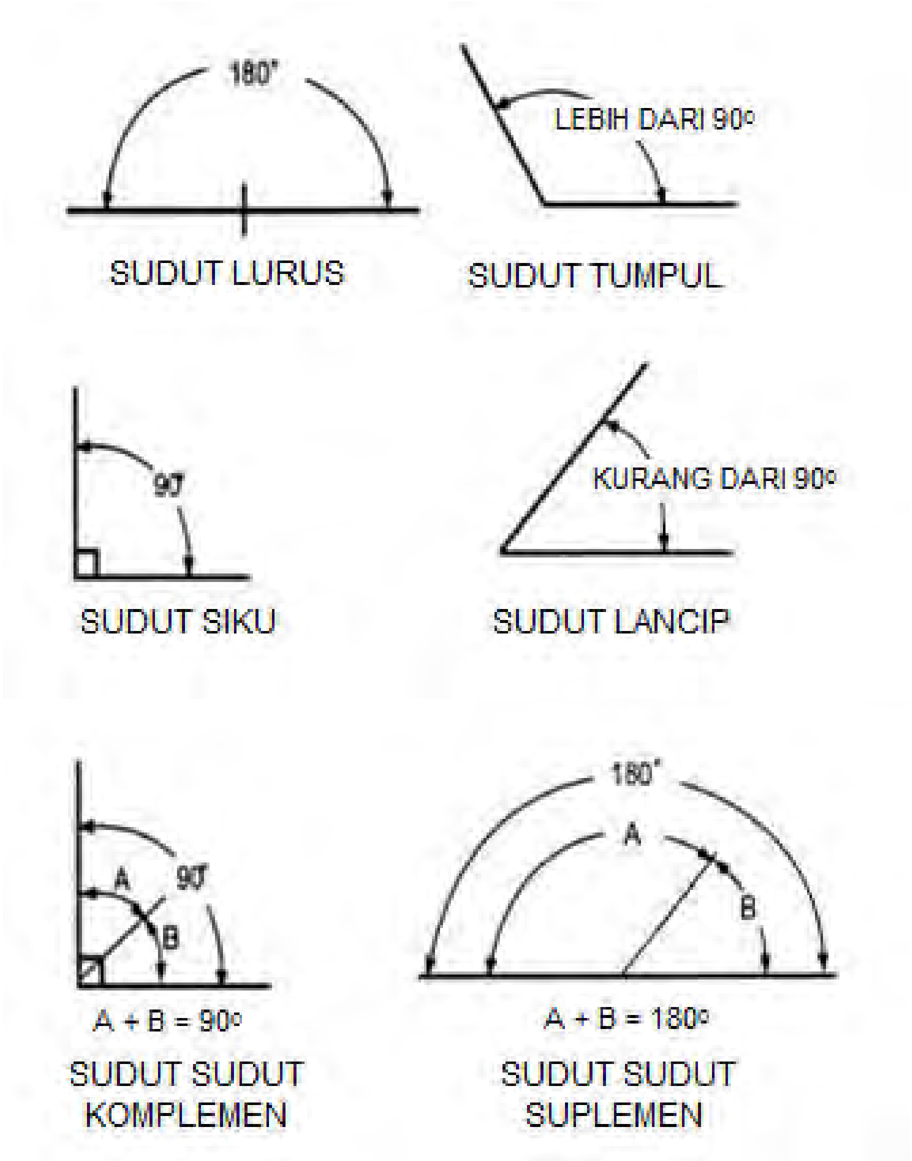


Gambar 1-2. Garis-garis

Sudut

Sudut terbentuk ketika dua garis berpotongan. Simbol untuk besar sudut adalah (tunggal) atau (jamak). Ada maksimal 180 kemungkinan derajat pada sebuah sudut. Sebuah sudut lurus adalah sudut 180 ° dan tampil sebagai sebuah garis lurus. Sudut tumpul adalah sudut kurang dari 180 ° tetapi lebih dari 90 °. Sudut 90 ° disebut sebagai sudut siku atau tegak lurus karena berkaitan antara dua garis berpotongan. Sudut lancip adalah sudut kurang dari 90 °. Ketika dua sudut yang dikombinasikan dengan total 90 °, mereka disebut sebagai sudut komplemen. Sudut suplemen terbentuk ketika dua sudut bergabung dengan total 180 °. Anda dapat menarik sudut pada setiap tingkat besar sudut dengan menggunakan segitiga atau busur derajat. Untuk meningkatkan akurasi, menggunakan busur derajat vernier atau membangun sudut menggunakan tangen, sinus, atau metode tali busur (*chord methods*).

Gambar 1-3 menggambarkan derajat sudut yang berbeda dari besar sudut standar.



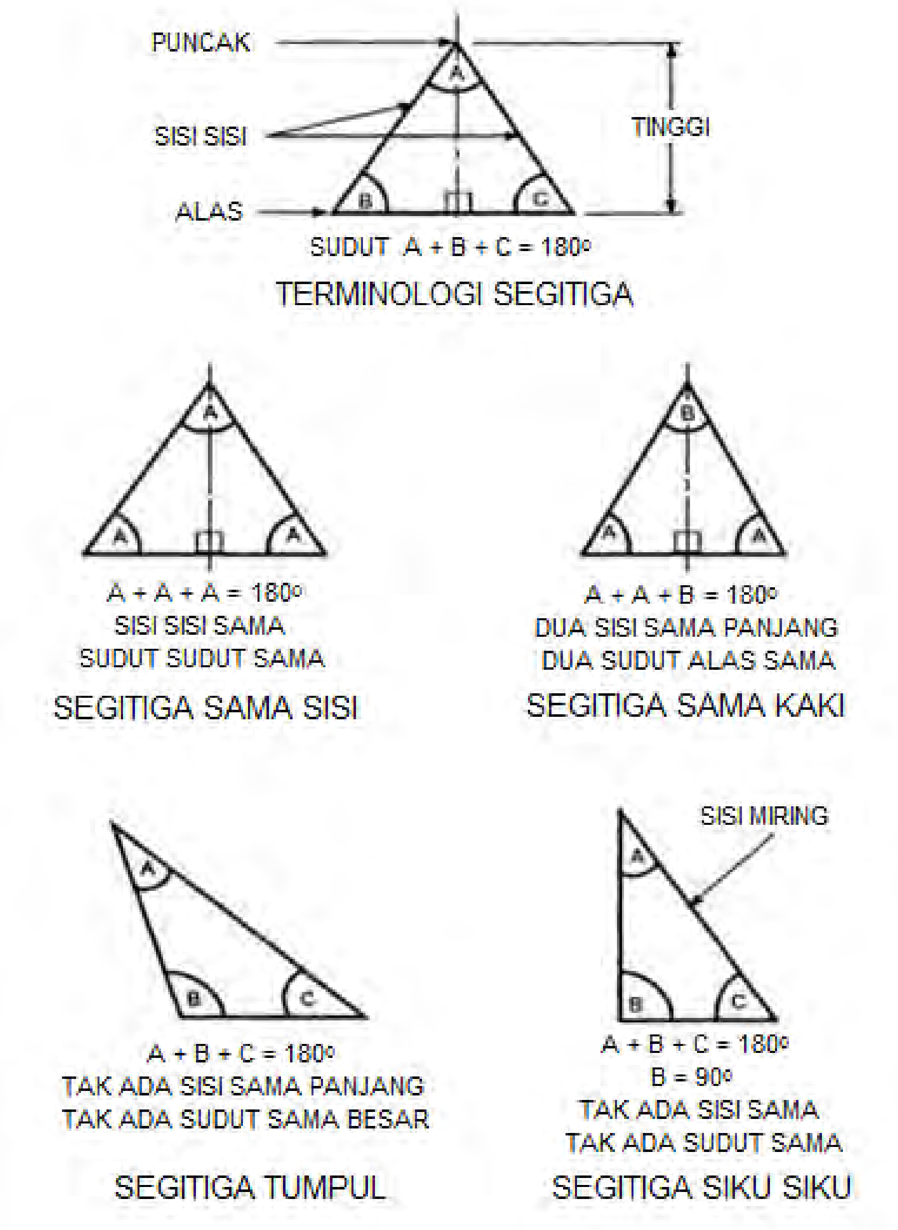
Gambar 1-3. Sudut.

Segitiga

Sebuah segitiga adalah gambar bidang datar yang dibatasi oleh tiga sisi lurus, yang membentuk tiga sudut dalam (*interior*). Bagian atas segitiga adalah puncak. Tinggi segitiga disebut sebagai ketinggian. Bagian bawah segitiga adalah alas atau dasarnya. Jumlah tiga sudut interior selalu 180 °. Ketika semua sisi dan semua sudut interior (60 °) adalah sama, maka segitiga tersebut disebut sebagai segitiga sama sisi (*equilateral triangle*).

Ketika ada dua sisi dan dua sudut yang sama, segitiga adalah segitiga sama kaki (*isosceles triangle*). Sebuah segitiga tumpul (*scalene triangle*) tidak memiliki sisi yang sama panjang atau sudut yang sama besar. Sebuah segitiga siku-siku (*right triangle*) memiliki satu sudut sebesar 90 ° dan sisi panjang didepan sudut siku yang disebut sisi miring (*hypotenuse*).

Gambar 1-4 menunjukkan segitiga.



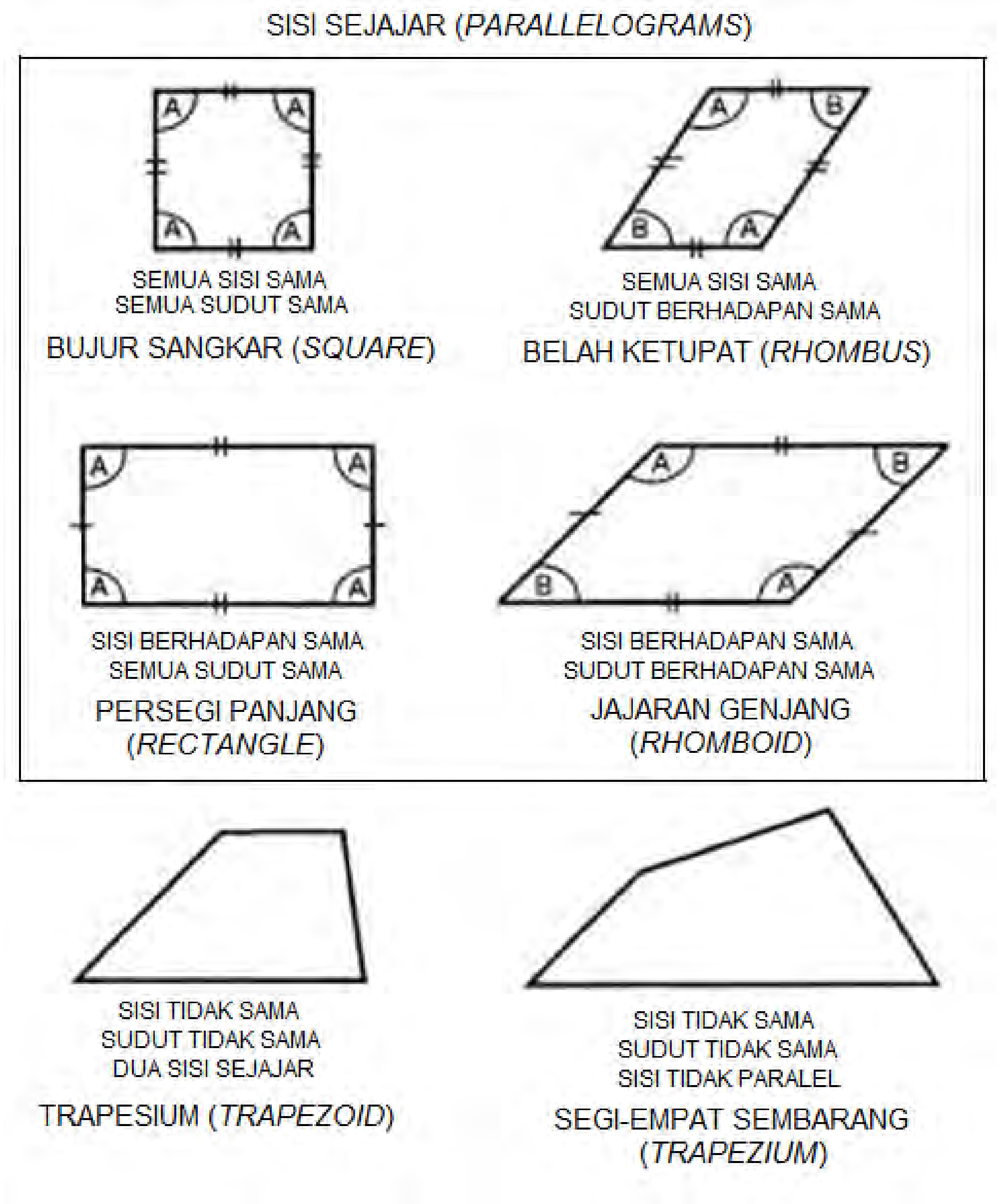
Gambar 1-4. Segitiga.

Segiempat (*Quadrilaterals*)

Segi-empat adalah gambar bidang datar yang dibatasi oleh empat sisi lurus. Gambar bersisi empat dengan sisi yang berlawanan paralel diklasifikasikan lebih lanjut sebagai *parallelograms*. *Parallelograms* yang memiliki empat sisi yang sama dan sudut yang sama disebut bujur sangkar (*square*). Sebuah belah ketupat (*rhombus*) memiliki empat sisi sama dan sudut-sudut yang berhadapan sama.

Gambar dengan sisi-sisi yang berhadapan sama dan semua sudut sama adalah persegi panjang (*rectangle*). Gambar dengan sisi-sisi dan sudut-sudut yang berhadapan sama adalah sebuah jajaran genjang (*rhomboid*). Segiempat dengan hanya dua sisi sejajar dan tidak ada sudut sama adalah trapesium (*trapezoids*). Jika tidak ada sisi yang sejajar dan tidak ada sudut yang sama, gambar tersebut disebut persegi empat (*trapezium*). *Trapezoids* dan *trapeziums* adalah segi-empat (*quadrilaterals*) tetapi bukan jajaran genjang.

Gambar 2-5 menunjukkan enam jenis berbeda dari segi-empat (*quadrilaterals*).



Gambar 1-5. Segi-empat (*Quadrilaterals*)

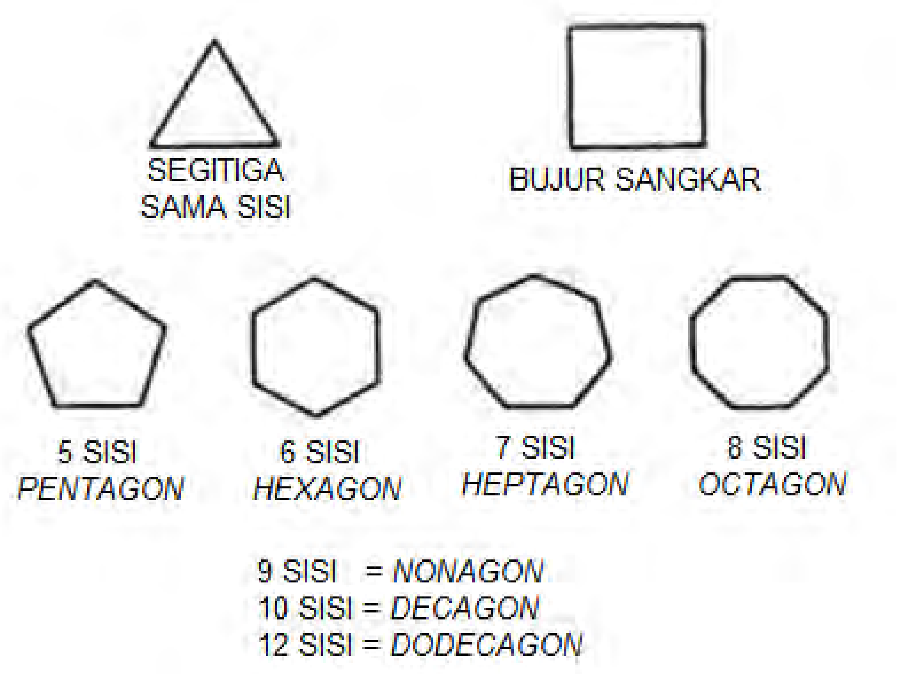
Segi-banyak (*Poligon*)

Setiap gambar datar yang dibatasi oleh sisi-sisi lurus adalah poligon. Definisi ini mencakup segitiga dan segiempat. Poligon yang memiliki sisi yang sama dan sudut yang sama disebut segi-banyak beraturan (termasuk segitiga sama sisi dan bujursangkar) dan dapat dibangun dengan melukiskan atau membatasi sekeliling sekitar lingkaran atau bujur-sangkar, teknik-tkniknya akan dijelaskan nanti dalam bab ini.

Daftar berikut menunjukkan bagaimana nama-nama segi-banyak beraturan diganti dengan banyaknya jumlah sisi:

Jumlah Sisi	Nama
3	Segi-tiga (*Triangle*)
4	Bujur-sangkar (*Square*)
5	Segi-lima (*Pentagon*)
6	Segi-enam (*Hexagon*)
7	Segi-tujuh (*Heptagon*)
8	Segi-delapan (*Octagon*)
9	Segi-sembilan (*Nonagon*)
10	Segi-sepuluh (*Decagon*)
12	Segi-duabelas (*Dodecagon*)

Gambar 1-6 Menunjukkan Segi-banyak Beraturan



Gambar 1-6. Segi-banyak Beraturan

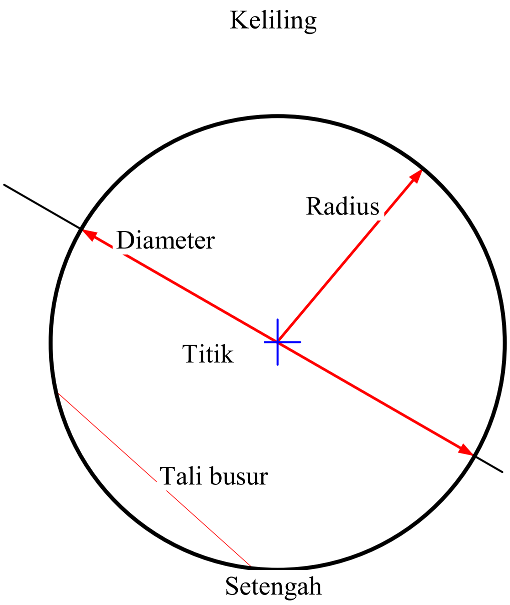
Lingkaran

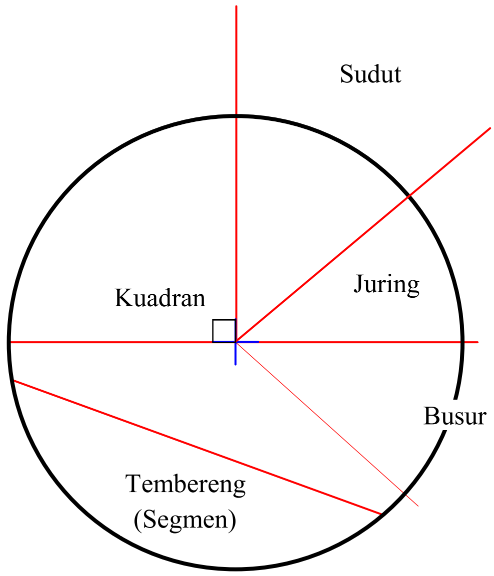
Berikut ini adalah beberapa istilah yang terkait dan akan sering kita jumpai dalam pembahasan tentang lingkaran:

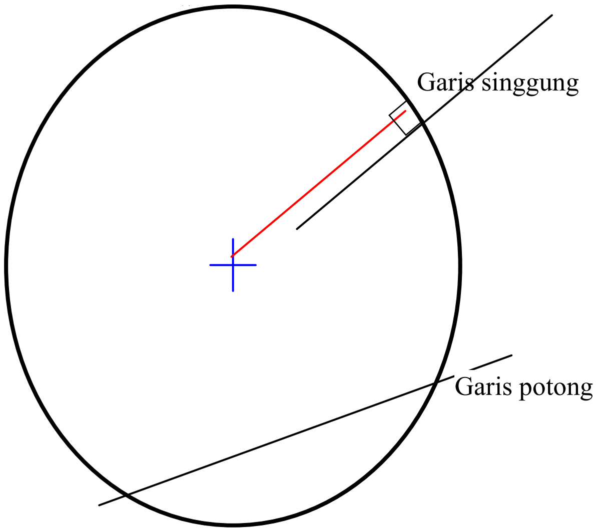
- Sebuah lingkaran adalah kurva tertutup di mana semua titik sepanjang kurva berjarak sama dari pusat.

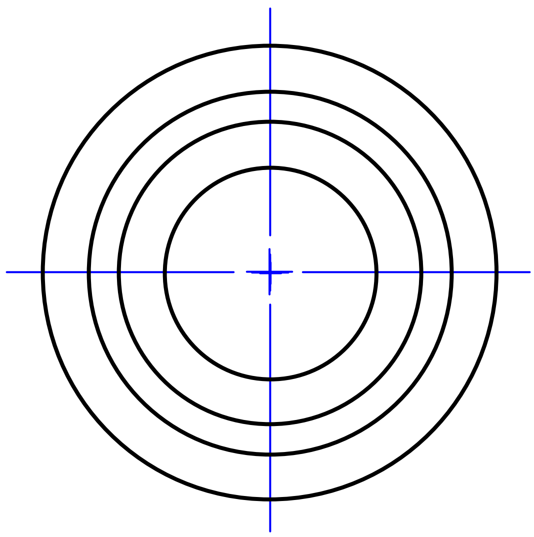
- Jarak dari titik pusat ke setiap titik di sepanjang tepi lingkaran disebut radius (*RAD* atau *R*).
- Jarak dari satu sisi lingkaran melalui titik pusat ke sisi berlawanan dari lingkaran adalah diameter lingkaran (*DIA*).
- Setengah dari jarak sekeliling lingkaran disebut setengah lingkaran.
- Keliling lingkaran mengacu pada total jarak sekeliling lingkaran. Menghitung keliling lingkaran dengan mengalikan diameter lingkaran dengan 3,1416 atau □ (diucapkan pi).
- Tali busur adalah garis lurus yang menghubungkan dua titik pada kurva.
- Tembereng (Segmen) adalah bagian dari kurva dipotong oleh garis atau tali busur.
- Kuadran adalah hasil dari perpotongan dua jari-jari pada 90 ° termasuk bagian dari lingkaran di antara jari-jari.
- Juring (Sektor) adalah bagian dari lingkaran yang dibatasi oleh dua jari-jari selain sudut siku termasuk bagian batas lingkaran.
- Sudut-sudut adalah yang dibentuk oleh perpotongan jari-jari tetapi tidak termasuk bagian batas lingkaran.
- Busur adalah segmen dari bagian melengkung lingkaran yang dibatasi oleh perpotongan dua jari-jari tetapi tidak termasuk jari-jari.
- Sebuah garis lurus yang memotong dan melewati dua titik pada lingkaran disebut garis potong.
- Garis lurus yang menyentuh tetapi tidak berpotongan pada satu titik pada lingkaran dikatakan garis singgung (*tangen*).
- Beberapa lingkaran yang berbagi atau memiliki titik pusat sama disebut lingkaran konsentris.
- Beberapa lingkaran yang tidak berbagi titik pusat atau tidak sepusat disebut sebagai lingkaran eksentrik.
- Lingkaran eksentrik yang paling umum dalam menggambarkan hubungan timbal balik adalah seperti pada poros nok (*camshaft*) dari mesin.

Gambar 1-7 mengilustrasikan terminologi lingkaran.

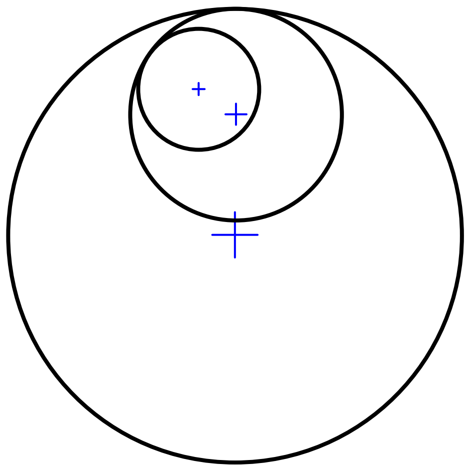








Lingkaran-lingkaran

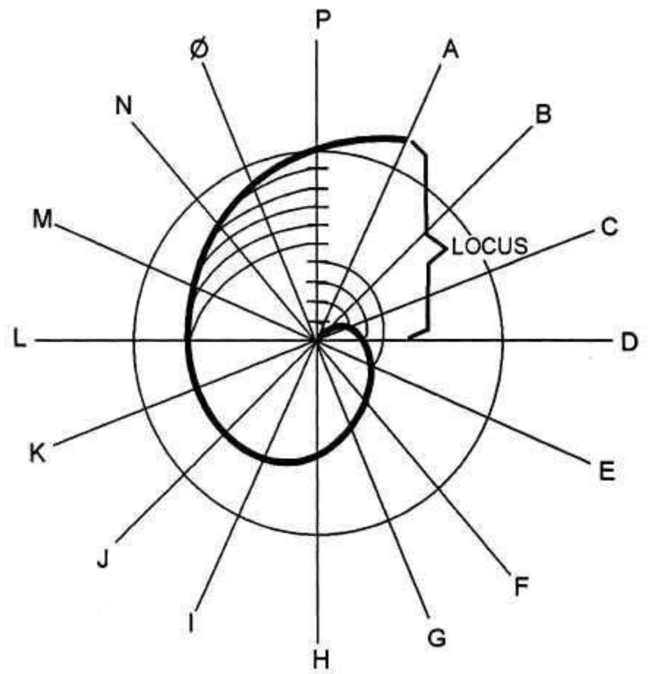


Lingkaran-lingkaran

Gambar 1-7. Istilah-istilah pada Lingkaran

Lingkaran juga digunakan untuk membangun kurva. Spiral Archimedes adalah kurva yang terbentuk pada titik tetap di tengah lingkaran dan berputar melalui titik geometris yang ditentukan atau lokus. Begitu lokus secara seragam meningkat atau menurun jarak mereka dari pusat, maka spiral muncul.

Gambar 1-8 menunjukkan Spiral Archimedes.



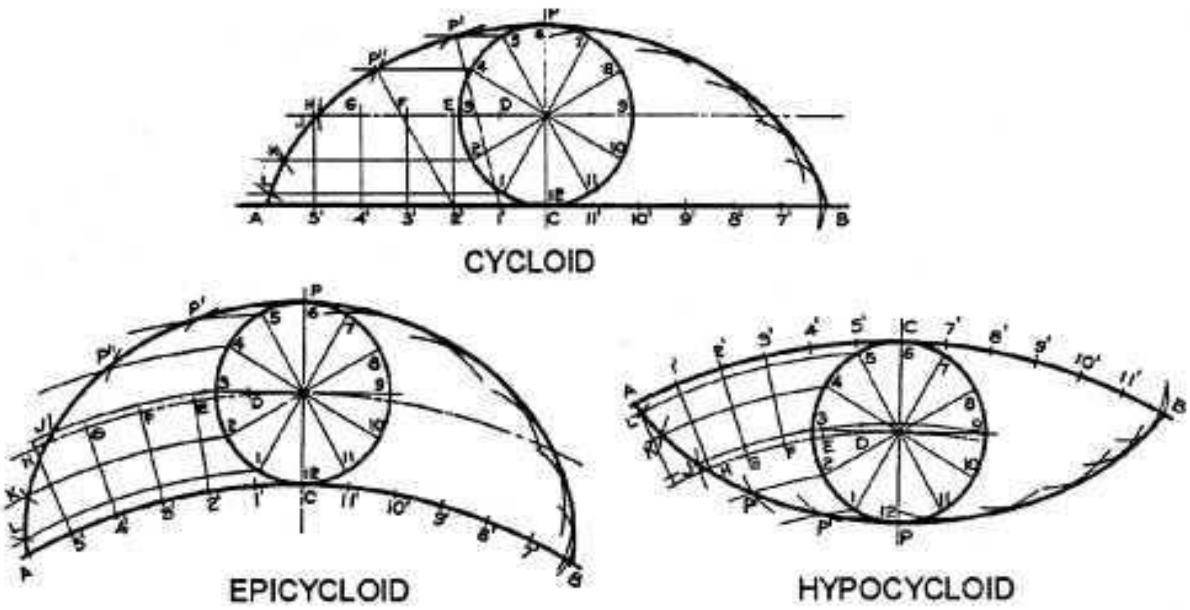
Gambar 1-8. Spiral Archimedes.

Titik sepanjang keliling lingkaran yang menggelinding atau bergulir pada garis lurus dikenal sebagai *cycloidal* atau *cycloids*.

Titik sepanjang keliling lingkaran yang bergulir di sisi cembung atau di tepi luar lingkaran yang sama atau lebih besar disebut *epicycloid*.

Jika keliling lingkaran bergulir sepanjang sisi cekung atau tepi bagian dalam dari lingkaran yang lebih besar, kurva yang dihasilkan adalah *hypocycloida*.

Gambar 1-9 mengilustrasikan pembentukan *sikloid*, *epicycloid*, dan *hypocycloid*.

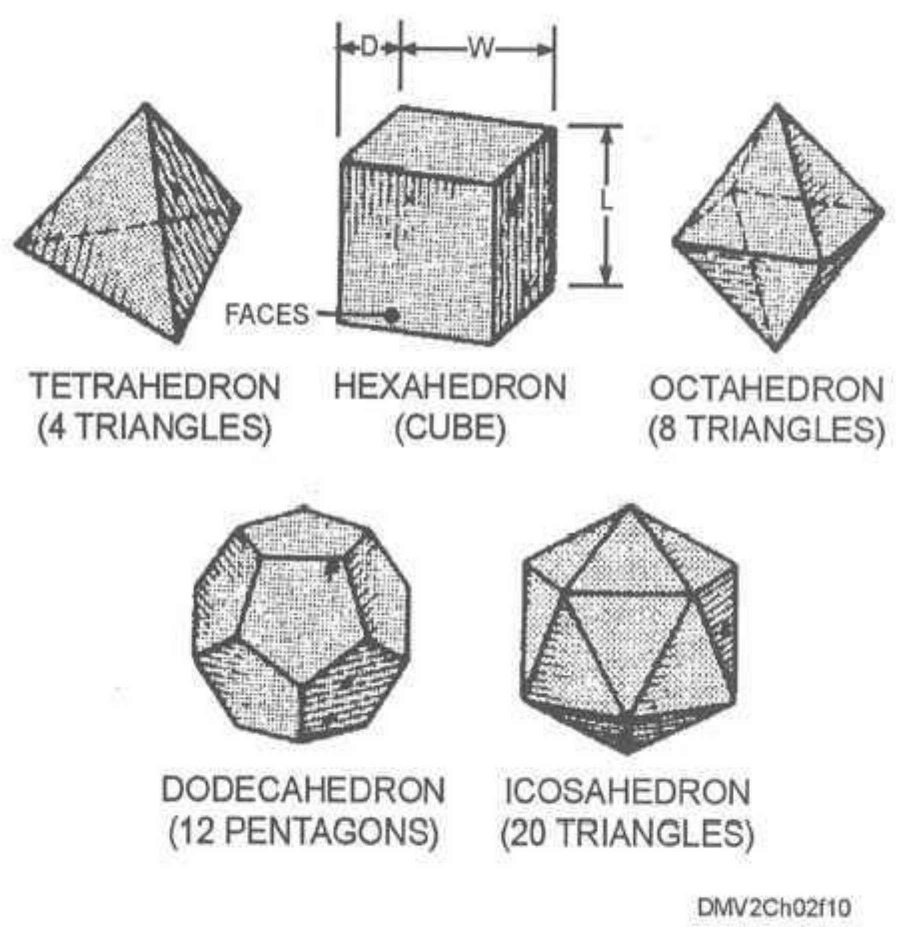


Gambar 1-9. ***Cycloids*****,** ***epicycloids*****, dan** ***hypocycloids*****.**

Benda Padat (*Solid*)

Benda padat adalah gambar-gambar tokoh yang memiliki tiga dimensi panjang, lebar, dan kedalaman yang dibatasi oleh permukaan bidang datar. Benda padat atau padatan mungkin juga dikenal sebagai *polyhedra*. Permukaan bidang *polyhedra* disebut wajah dan jika wajahnya adalah segi-banyak beraturan (*regular polygons*), maka padatan adalah *polyhedra* beraturan.

Gambar 1-10 menunjukkan *polyhedra* atau benda solid beraturan.

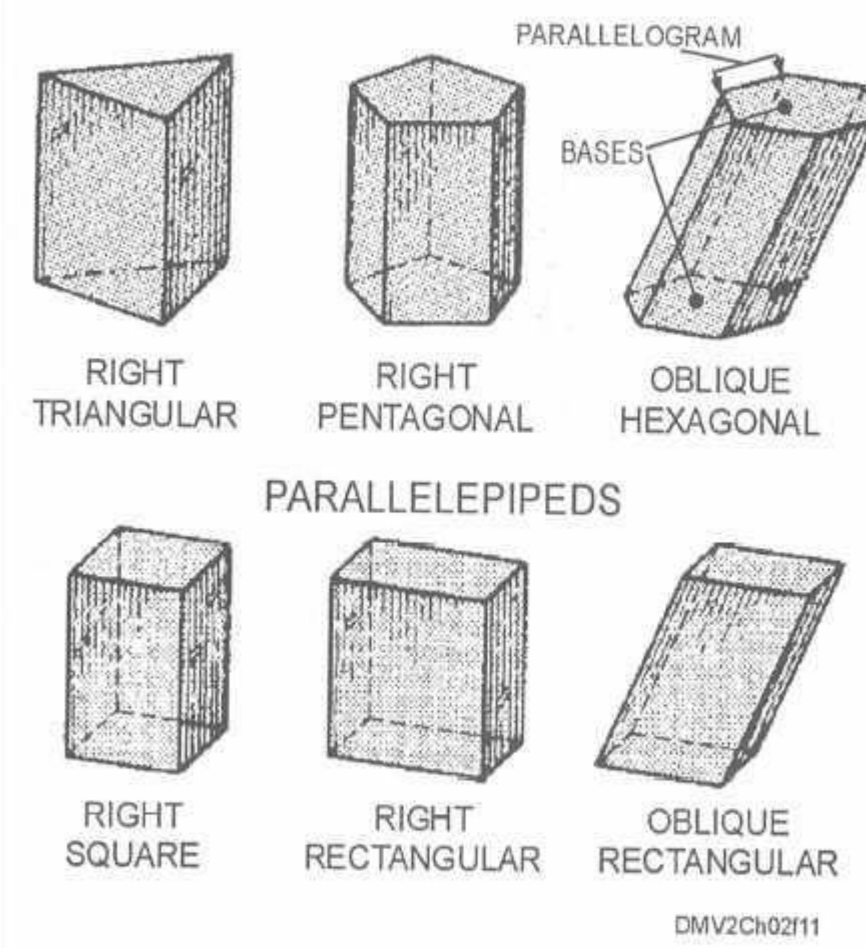


Gambar 1-10. Benda Solid Beraturan (*Polyhedra*).

Prisma.

Sebuah prisma adalah benda solid dengan dua alas atau basis (atas dan bawah) berbentuk segi-banyak beraturan yang sama dengan tiga atau lebih permukaan atau sisi-sisi yang sejajar. Jika alasnya juga sejajar, maka prisma adalah sebuah *paralel epipedum*. Sebuah prisma siku memiliki permukaan dan sisi tepi (*lateral*) yang tegak lurus terhadap basis. Prisma Oblique memiliki permukaan dan sisi tepi yang miring terhadap alasnya.

Gambar 1-11 mengilustrasikan konfigurasi prisma.

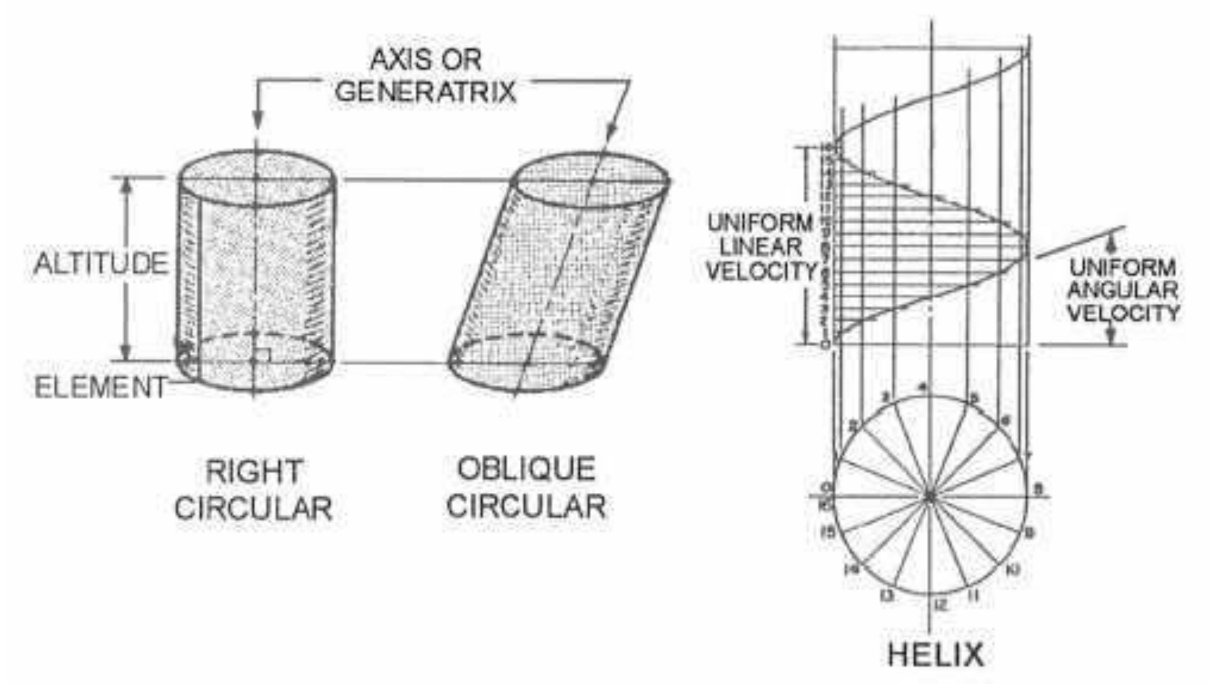


Gambar 1-11. Bentuk-bentuk Prisma

Silinder

Silinder adalah dua alas paralel yang dibentuk oleh kurva tetap atau *directrix* yang berputar mengelilingi sekitar garis lurus atau *generatrix* di pusatnya. *Generatrix* di pusat silinder juga disebut sebagai garis sumbu. Tinggi silinder disebut ketinggian (*altitude*). Setiap titik di sepanjang tepi silinder disebut sebagai elemen. Silinder bundar siku (*right circular*) memiliki tepi sisi yang tegak lurus dengan dasar dan silinder melingkar miring (*oblique circular*) memiliki tepi sisi yang miring ke alasnya. Pergerakan titik di sekitar dan sepanjang permukaan silinder dengan kecepatan sudut seragam (*uniform angular velocity*) terhadap sumbu dan dengan kecepatan linear seragam (*uniform linear velocity*) dalam arah sumbu menghasilkan spiral (*heliks*). Anda juga dapat mengonstruksi sebuah spiral menggunakan silinder atau kerucut.

Gambar 1-12 menunjukkan contoh silinder dan spiral (*heliks*).



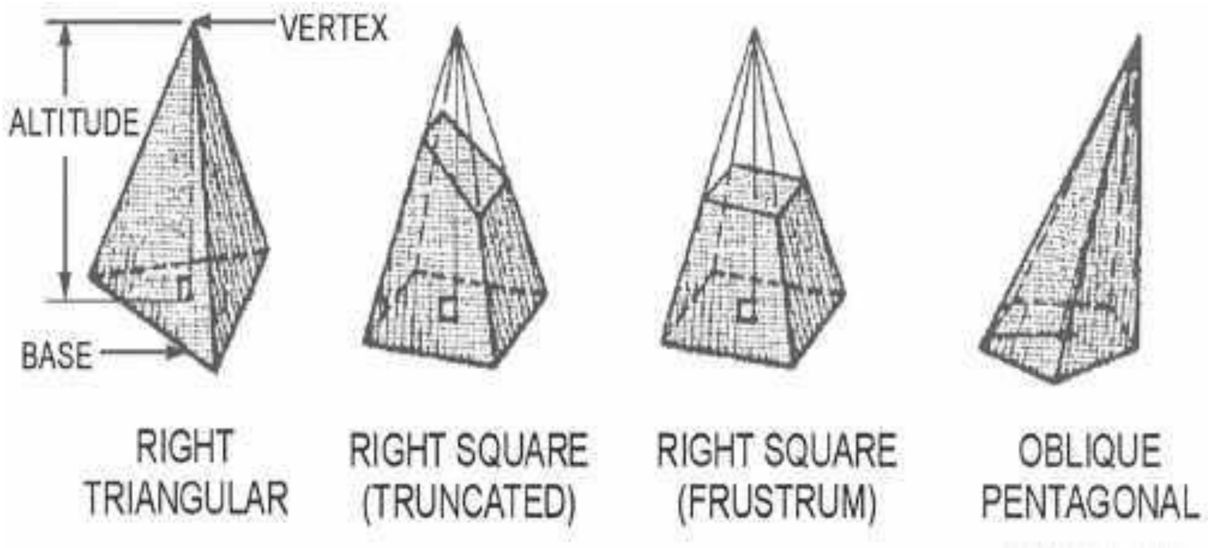
Gambar 2-12. Silinder dan Spiral.

Piramida

Piramida memiliki segibanyak (*polygons*) untuk alas dan sisi-sisi samping segitiga yang berpotongan di titik atau puncak piramida. Sebuah garis pusat (*centerline*) dari titik puncak (*vertex*) ke pusat alasnya disebut sebagai garis sumbu (*axis*) dan tinggi puncaknya disebut ketinggian. Jika sumbu tegak lurus (*perpendicular*) ke dasar, maka piramida disebut piramida siku (*right pyramid*). Semua piramida lainnya adalah piramida miring.

Sebuah piramida yang telah dipotong dekat titik puncak miring ke alasnya dikatakan terpancung (*truncated*), jika piramida dipotong dengan bidang potongnya sejajar dengan bidang dasarnya, maka bidang disebut sebagai sebuah *frustum*.

Gambar 1-13 mengilustrasikan terminologi piramida.



Gambar 1-13. Piramida

Kerucut

Kerucut memiliki garis sumbu yang berakhir di titik tetap pada sebuah titik puncaknya disekitarnya berputar sebuah *directrix* atau alas kurva tertutup. *Generatrix* ini juga dikenal sebagai sumbu yang tingginya disebut sebagai ketinggian. Setiap titik di sekitar kerucut dari dasar ke titik puncak ini disebut elemen.

Sebuah kerucut yang garis sumbunya tegak lurus ke dasar adalah kerucut siku.

Bidang-bidang yang memotong kerucut akan membuat kerucut tampak terpancung atau *frustum*.

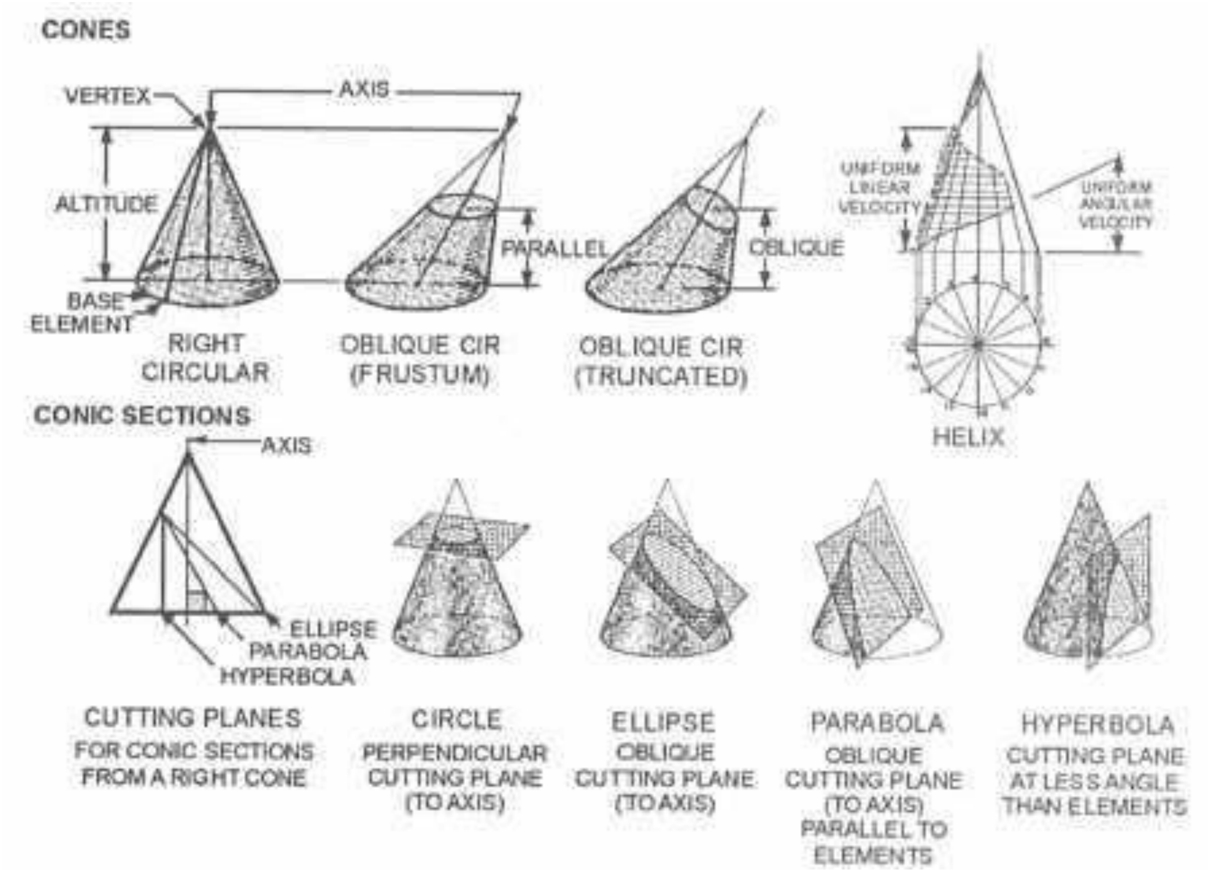
Bidang-bidang yang memotong kerucut siku akan menghasilkan irisan kerucut. Potongan kerucut akan nampak sebagai kurva.

Sebuah irisan kerucut yang tegak lurus dengan sumbu tampak sebagai lingkaran pada bidang potongnya.

Sebuah irisan kerucut dengan bidang potong miring terhadap garis sumbu tetapi membuat sudut yang lebih besar terhadap garis-garis elemen akan nampak sebagai elips .

Ketika bidang potong miring terhadap garis sumbu dan pada sudut yang sama dengan garis unsur atau elemen, maka kurva disebut sebagai parabola. Sebuah bidang potong miring yang membuat sudut yang lebih kecil terhadap garis sumbu daripada terhadap unsur-unsurnya dikenal sebagai hiperbola. Kerucut juga dapat digunakan untuk mengonstruksi spiral (*helixes*).

Gambar 1-14 menunjukkan kerucut .

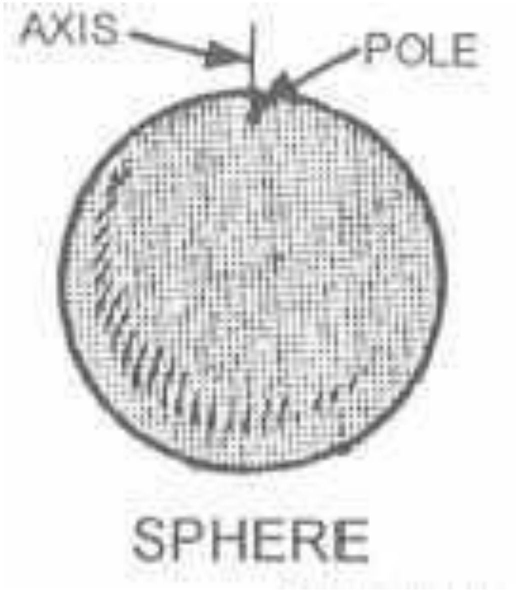


Gambar 1.14. Terminologi Kerucut

Bola

Bola dibentuk oleh sebuah lingkaran yang berputar mengelilingi diameternya. Diameter lingkaran kemudian menjadi poros dan ujung sumbu dikenal sebagai titik kutub.

Gambar 1-15 menunjukkan sebuah bola, porosnya, dan kutubnya.

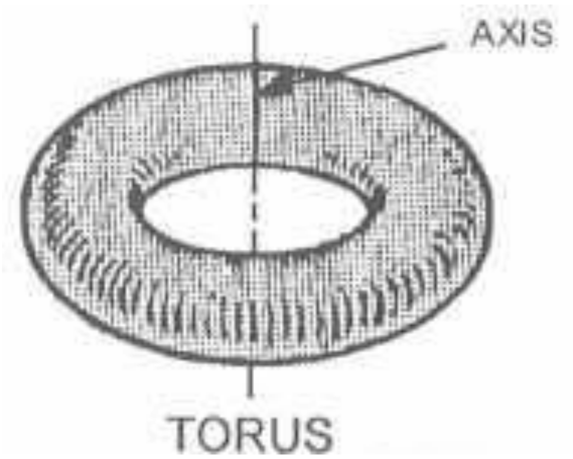


Gambar 1-15. Sebuah Bola.

Donut (*torus*)

Sebuah torus atau toroida dibentuk oleh sebuah lingkaran atau kurva berputar mengelilingi tetapi tidak berpotongan atau mengandung sumbu di bidangnya sendiri. Sumbu torus adalah eksentrik terhadap diameter lingkaran atau kurva.

Gambar 1-16 adalah contoh dari sebuah donut (*torus*).

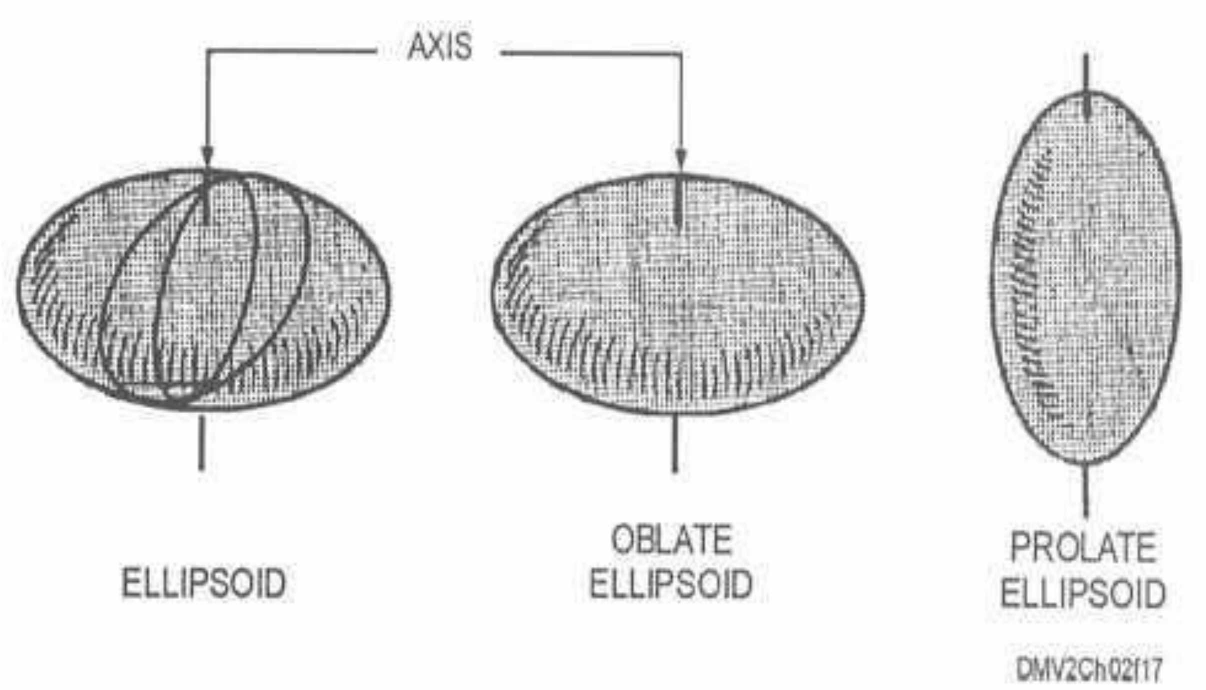


Gambar 1-16. Sebuah donut (*torus*)

Ellipsoids

Ellipsoids adalah permukaan geometris yang bidang potongnya semua elips atau lingkaran. *Ellipsoids oblate* memiliki permukaan rata di kutubnya. Ellipsoids yang diratakan sehingga ketinggian sumbu kutub melebihi diameter ekuator disebut *ellipsoids prolate*.

Gambar 1-17 menunjukkan distorsi atau penyimpangan kutub ellipsoids.



Gambar 1-17. Ellipsoids

Pembagian Menjadi Dua Bagian (*Bisection*)

Pengantar

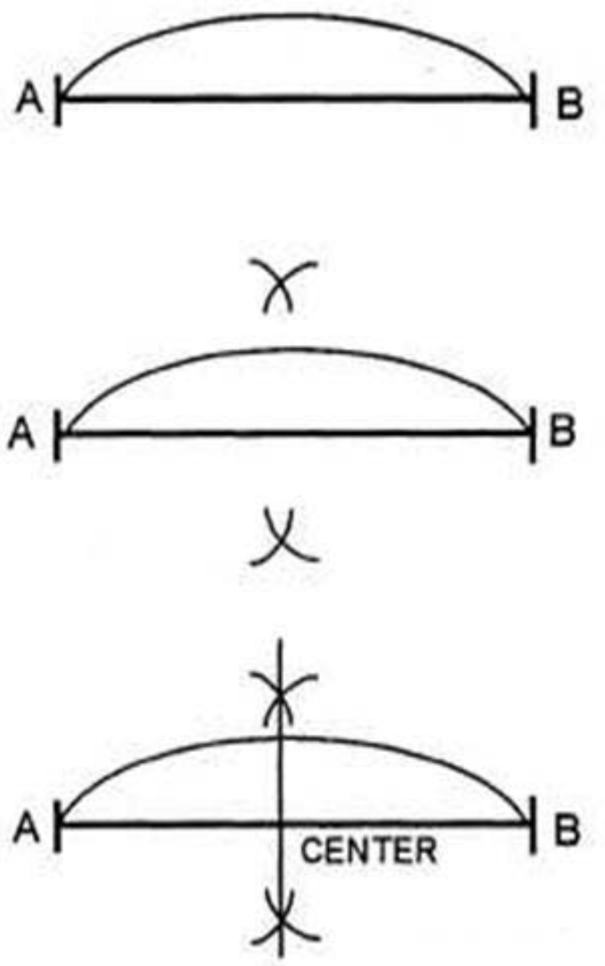
Pemecahan masalah dengan konstruksi geometris sering melibatkan pembagian suatu entitas atau kesatuan. Gambar geometrik pembagian ke dalam dua bagian yang sama disebut membagi dua (*bisecting*). Garis yang membagi gambar menjadi dua bagian sama disebut sebagai garis bagi atau bisektris (*bisector*). Anda harus tahu bagaimana membagi dua gambar geometris yang berbeda untuk secara akurat memecahkan masalah-masalah rancangan.

Membagi Garis atau Busur Lingkaran

Untuk membagi dua sebuah garis atau busur, gunakan tabel ini:

Langkah	Aksi

1	Dengan busur atau garis (AB) yang diberikan, menggunakan jangka (*compass*) tetapkan pada jarak yang lebih besar dari setengah panjang garis yang diberikan dan tarik busur yang sama di atas dan di bawah garis yang diberikan.
2	Gunakan mistar lurus untuk menghubungkan perpotongan dari busur. Garis lurus ini menempatkan pusat garis atau busur.



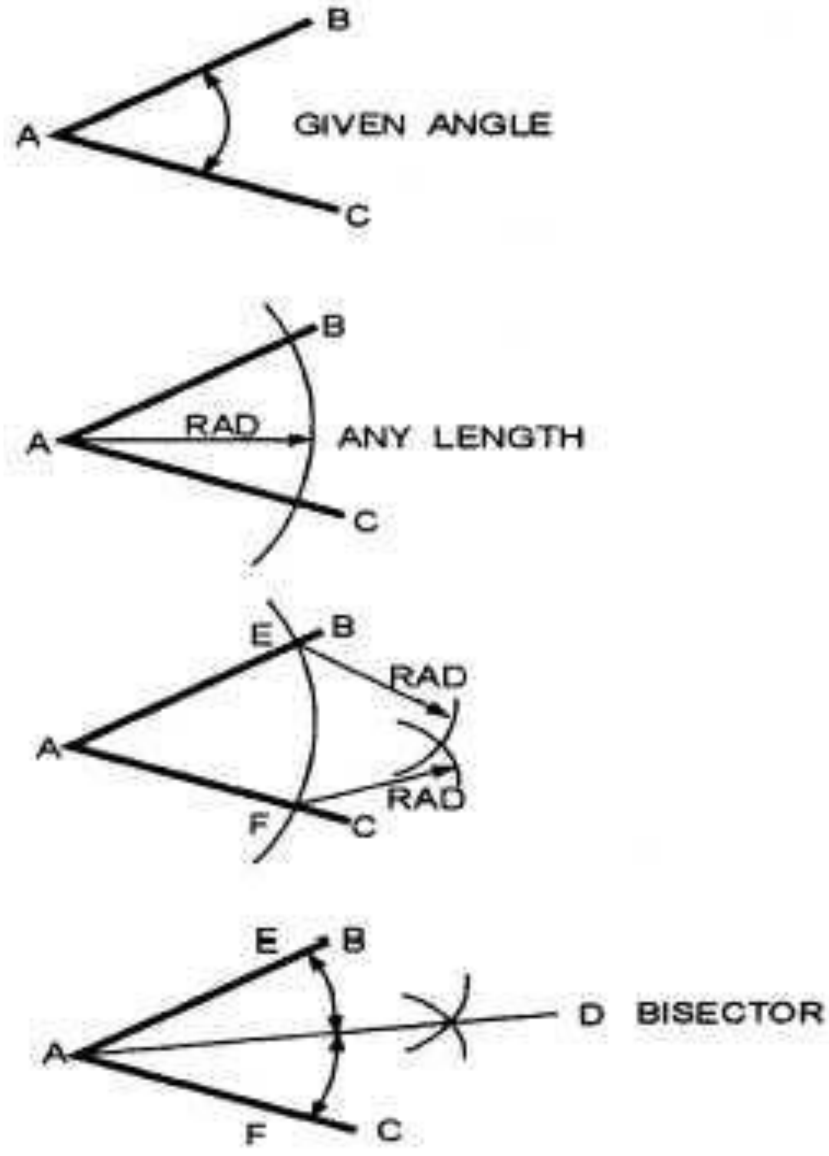
Gambar 1-18. Membagi dua sebuah garis atau busur lingkaran.

Membagi Dua Sebuah Sudut

Untuk membagi menjadi dua bagian sama besar dari sebuah sudut, gunakan tabel ini:

Langkah	Aksi
1	Pada sudut ABC yang diberikan, gunakan sebuah jangka untuk menarik sebuah busur pada setiap radius yang sesuai dari titik puncaknya.
2	Dengan menggunakan jarum tetapkan pada sedikit lebih dari setengah jarak dari A ke C dan dengan titik jarum jangka di perpotongan dari busur dan kaki sudut (E dan F), tariklah dua busur pendek yang berpotongan di D.
3	Menarik garis lurus dari A ke D. Garis bagi atau bisektris ini akan membagi sudut asli yang diberikan ke dua sudut yang sama.

Gambar 1-19 menunjukkan bagaimana membagi sebuah menjadi dua sudut yang sama besar.



Gambar 1-19. Membagi Sudut.

Pembagian

Pengantar

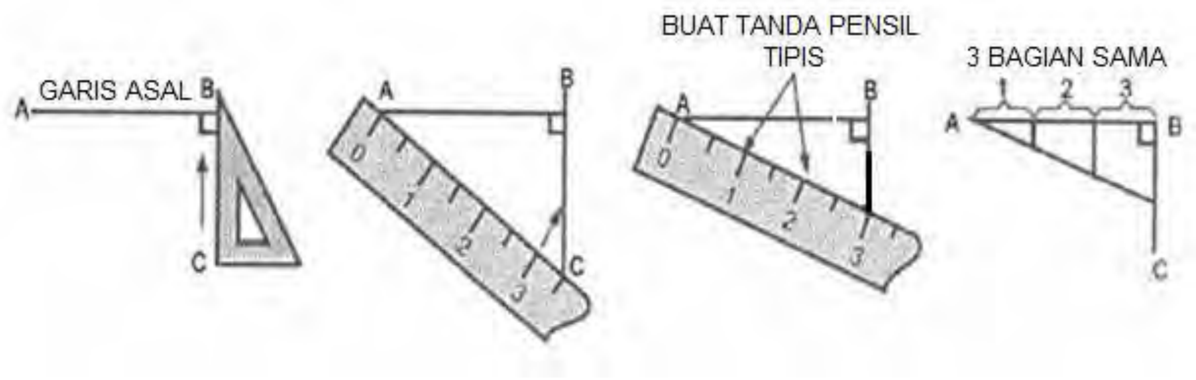
Bila Anda ingin dua bagian yang tidak sama atau lebih dari dua bagian yang sama dari sebuah garis, Anda membagi dengan tidak membagi menjadi dua bagian. Salah satu konstruksi geometris yang paling sering dilakukan adalah dengan membagi sebuah garis menjadi beberapa bagian yang sama atau proporsional.

Metode yang dipilih untuk membagi garis menjadi bagian yang sama

Untuk membagi suatu garis menjadi bagian yang sama, gunakan tabel ini:

Langkah	Aksi
1	Pada garis AB yang diberikan, tariklah garis tegak lurus (BC).
2	Tempatkan skala atau mistar dengan angka peningkatan pertama (0) pada A.
3	Tempatkan kenaikan yang diinginkan pada skala pada titik penghentian dari garis tegak lurus (BC).
4	Membuat tanda pensil tipis kecil yang menunjukkan pengukuran yang diinginkan di sepanjang skala.
5	Tarik garis konstruksi vertikal tegak lurus dengan garis yang diketahui dan sejajar satu sama lain. Ini membagi garis menjadi beberapa kenaikan yang sama.

Gambar 1-20 menunjukkan langkah-langkah untuk metode yang disukai dari membagi garis menjadi beberapa kenaikan yang sama.



Gambar 1-20. Membagi garis menjadi beberapa bagian sama

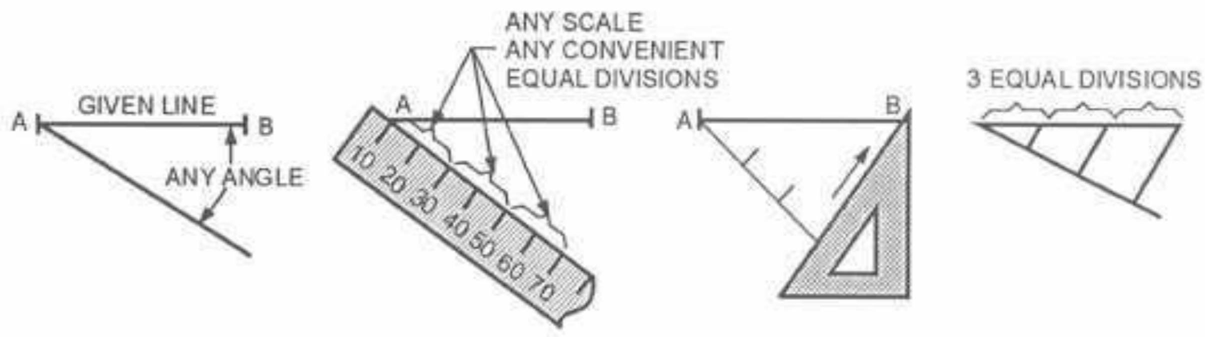
Metoda alternatif untuk membagi garis menjadi bagian-bagian yang sama

Untuk metode alternatif membagi garis menjadi bagian-bagian yang sama, gunakan tabel ini:

Langkah	Aksi
1	Pada garis AB yang disediakan, tarik garis tipis pada sudut lancip yang sesuai dari A.

2	Tentukan sebanyak bagian yang sama seperti yang Anda butuhkan di sepanjang garis miring dengan skala atau dengan jangka.
3	Hubungkan kenaikan terakhir dengan akhir garis yang diberikan (B) dengan sebuah segitiga.
4	Gunakan segitiga yang sama, tarik garis dari titik menaik ke garis yang diberikan jaga semua garis tetap paralel satu sama lain.

Gambar 1-21 menunjukkan sebuah metode alternatif untuk membagi garis ke segmen-segmen yang sama.



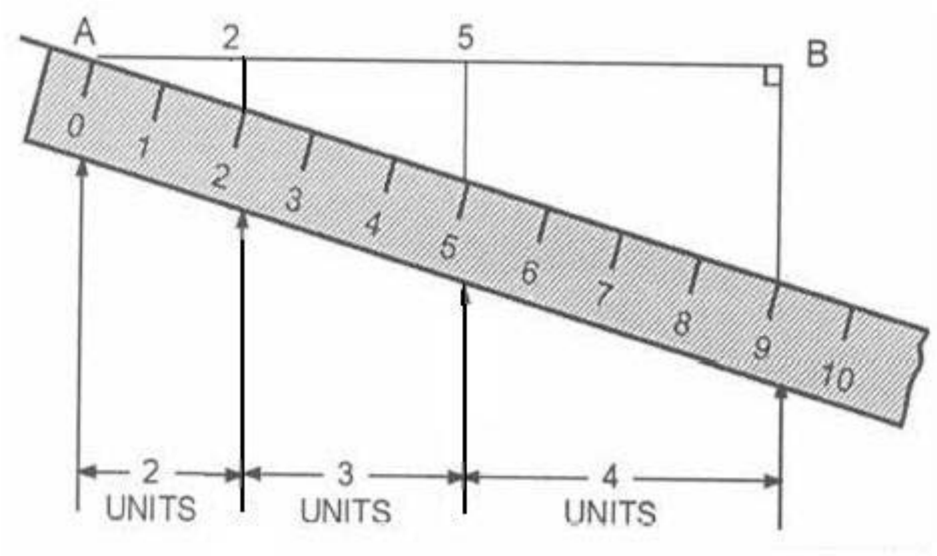
Gambar 1-21. Sebuah metode alternatif dari pembagian garis.

Metode pilihan untuk membagi garis menjadi bagian-bagian proporsional

Untuk membagi garis menjadi bagian-bagian proporsional, gunakan tabel ini:

Langkah	Aksi
1	Pada garis AB yang diberikan, tarik garis tegak lurus di B.
2	Pilih skala tertentu dan atur kenaikan awal lebih dulu (0) pada A.
3	Posisikan skala sehingga jumlah total kenaikan sejajar dengan garis tegak lurus di B.
4	Tentukan peningkatan yang diinginkan dengan tanda pensil tipis. Dalam hal ini ditandai 2, 3, dan 4 satuan.
5	Tarik garis vertikal melalui titik-titik ini ke garis yang

	diberikan.



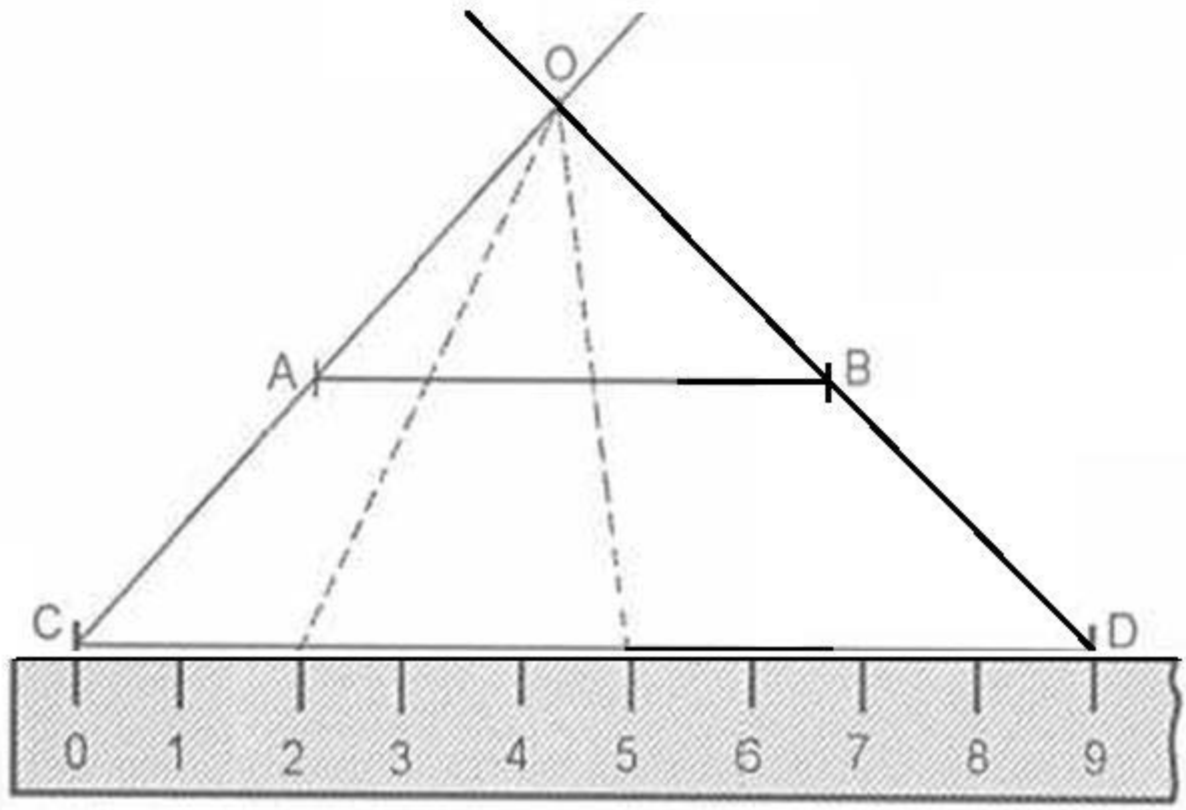
Gambar 1-22. Membagi garis secara proporsional.

Sebuah metode alternatif dari pembagian garis secara proporsional menjadi bagian-bagian

Untuk suatu metode alternatif dari pembagian garis secara proporsional, gunakan tabel ini:

Langkah	Aksi
1	Dari garis AB yang diberikan, tarik garis yang lain (CD) pada jarak tertentu di bawah dan sejajar dengan garis yang diberikan.
2	Atur skala Anda sepanjang CD dengan 0 pada titik ujung C dan tentukan jumlah peningkatan yang diinginkan. Disini peningkatannya adalah 0, 2, 5, dan 9.
3	Dengan mistar tepi lurus, tariklah garis-garis melalui titik ujung A dan C (0), kemudian B dan D (9) ke perpotongan (0) setiap jarak di atas AB.
4	Dengan menggunakan mistar tepi lurus Anda, hubungkan garis-garis 2 dan 5 ke 0.

Gambar 1-23 merupakan metode alternatif untuk pembagian garis secara proporsional.



Gambar 1-23.-Sebuah metode alternatif membagi garis secara proporsional.

Pemindahan

Pengantar

Pada suatu saat Anda mungkin perlu untuk memindahkan bentuk geometrik dari satu lokasi ke lokasi lain pada kertas yang sama atau berbeda kertas gambar. Mentransfer poligon, dan gambar-gambar yang tidak teratur dengan terlebih dahulu menggambar segitiga, bujur sangkar, persegi panjang, atau lingkaran di sekitar gambar. Anda harus tahu bagaimana untuk secara akurat mentransfer gambar-gambar.

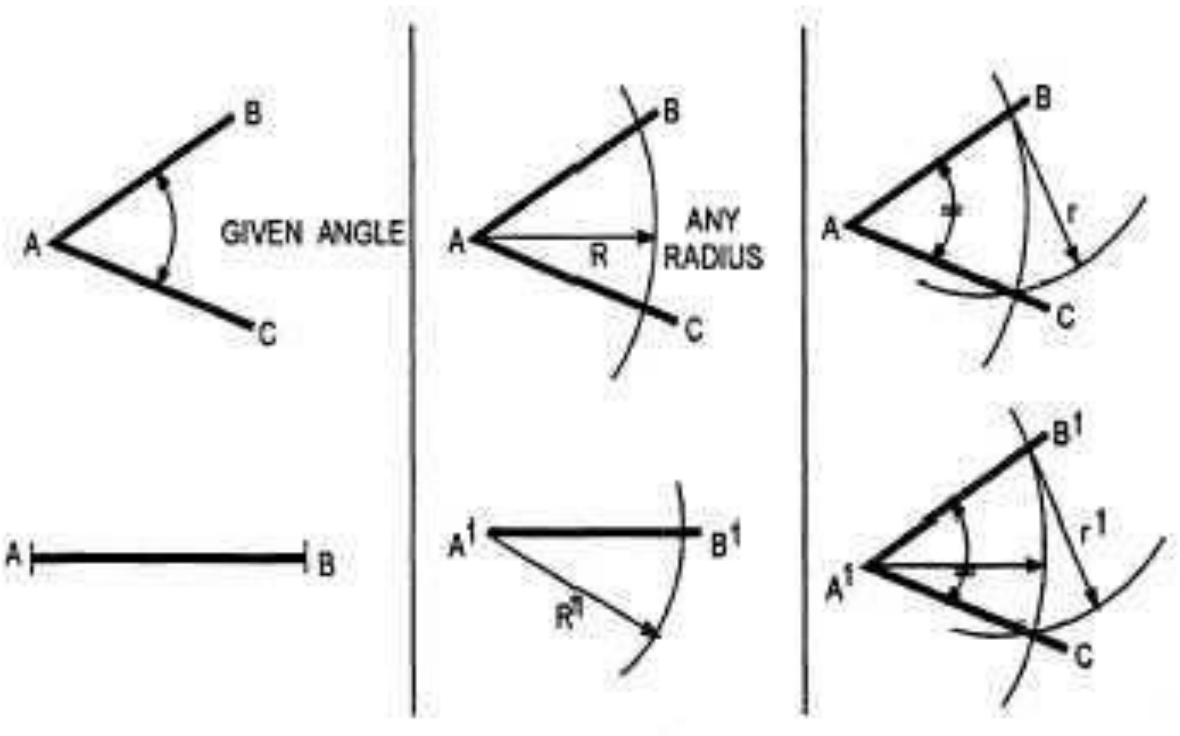
Mentransfer Sudut

Untuk mentransfer sebuah sudut, gunakan tabel ini:

Langkah	Aksi
1	Pada sudut ABC yang diberikan, buatlah garis yang sama

	dengan garis AB di lokasi baru pada kertas yang sama atau berbeda kertas gambar (A ', B').
2	Gunakan setiap radius yang sesuai (R, R ') dan gambar busur menggunakan A dan A' sebagai pusat.
3	Dimana busur berpotongan dengan garis AB dan A'B ', tariklah dua busur (r, r') sama dengan jarak antara A dan C.
4	Tarik garis lurus dari A dan A 'ke perpotongan dari dua busur R' dan r '.

Gambar 1-24 menggambarkan bagaimana untuk mentransfer sudut.



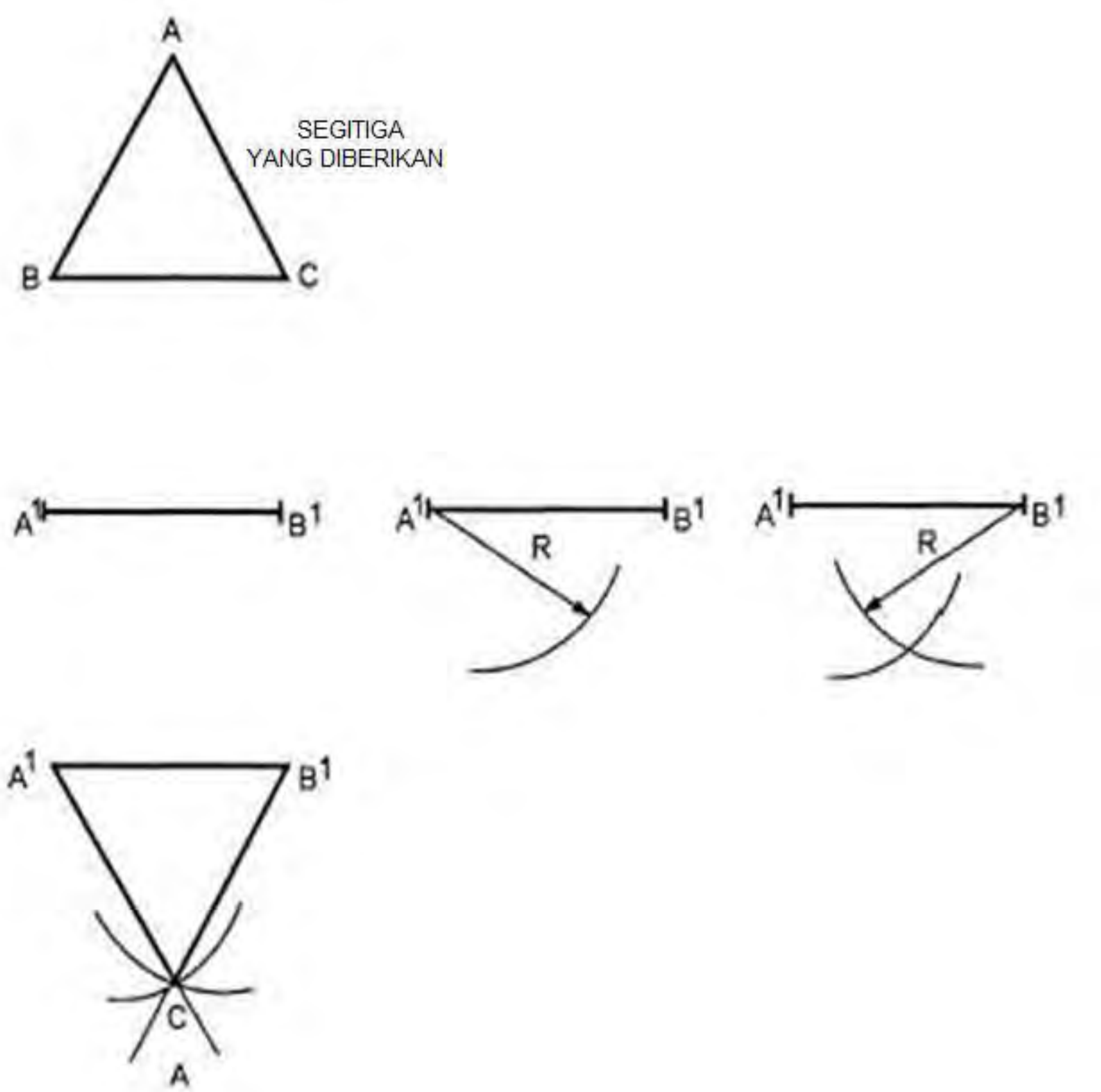
Gambar 1-24. Mentransfer Sudut.

Mentransfer Segitiga

Untuk mentransfer segitiga ke lokasi lain atau permukaan gambar, gunakan tabel ini:

Langkah	Aksi
1	Pada segitiga ABC yang diberikan, tentukan setiap sisi (A'B') di lokasi baru.

2	Setel jangka dengan jarak garis AC. Tempatkan jarum jangka Anda di A' dan goreskan sebuah busur.
3	Atur jangka untuk jarak antara AB. Tempatkan titik jarum jangka Anda di B dan goreskan sebuah busur agar berpotongan dengan busur yang ditarik dari C '.
4	Tarik garis lurus dari A' to C' dan dari B' ke C'.



Gambar 1-25. Mentransfer Segitiga.

Titik Singgung

Pengantar

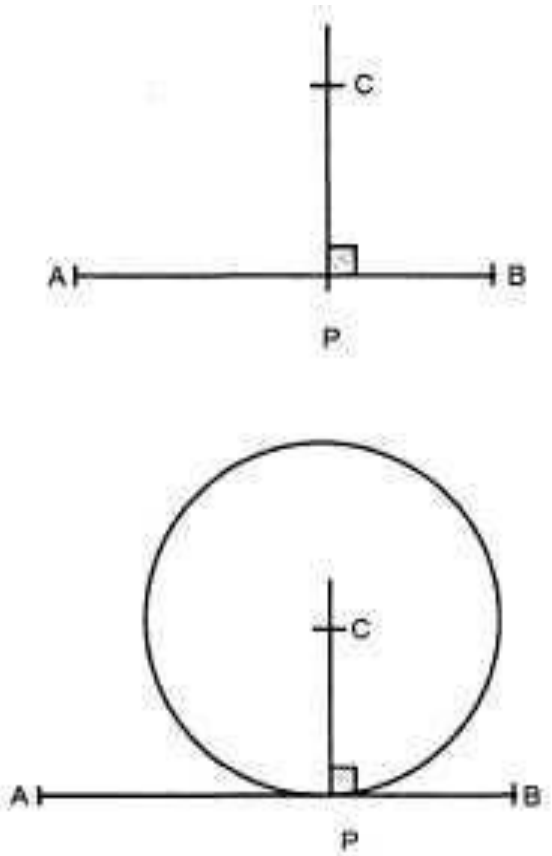
Garis singgung, busur, lingkaran, atau permukaan-permukaan adalah garis, busur, lingkaran, atau permukaan yang menyentuh tetapi tidak berpotongan. Ketika menggambar kurva tidak teratur atau kurva bukan lingkaran dengan kurva prancis, Anda menempatkan serangkaian busur singgung. Ketika Anda menunjukkan sudut bulat pada bidang yang dinyatakan lurus, Anda bekerja dengan sebuah busur yang bersinggungan dengan dua garis di sudut siku. Pastikan semua titik singgung yang jelas ditentukan sebelum Anda mulai menarik garis dengan tinta.

Menggambar lingkaran singgung pada sebuah garis

Untuk menggambar lingkaran menyinggung garis pada sebuah titik tertentu, ikuti tabel ini:

Langkah	Aksi
1	Pada garis AB yang tersedia dengan titik P mewakili titik singgung, dirikan garis tegak lurus.
2	Tentukan panjang jari-jari lingkaran yang diperlukan sebagai titik pada garis tegak lurus dan tandai dengan C.
3	Gambar lingkaran menggunakan C sebagai titik pusat dan CP sebagai jari-jari.

Gambar 1-26 menunjukkan cara menggambar lingkaran menyinggung pada sebuah garis.



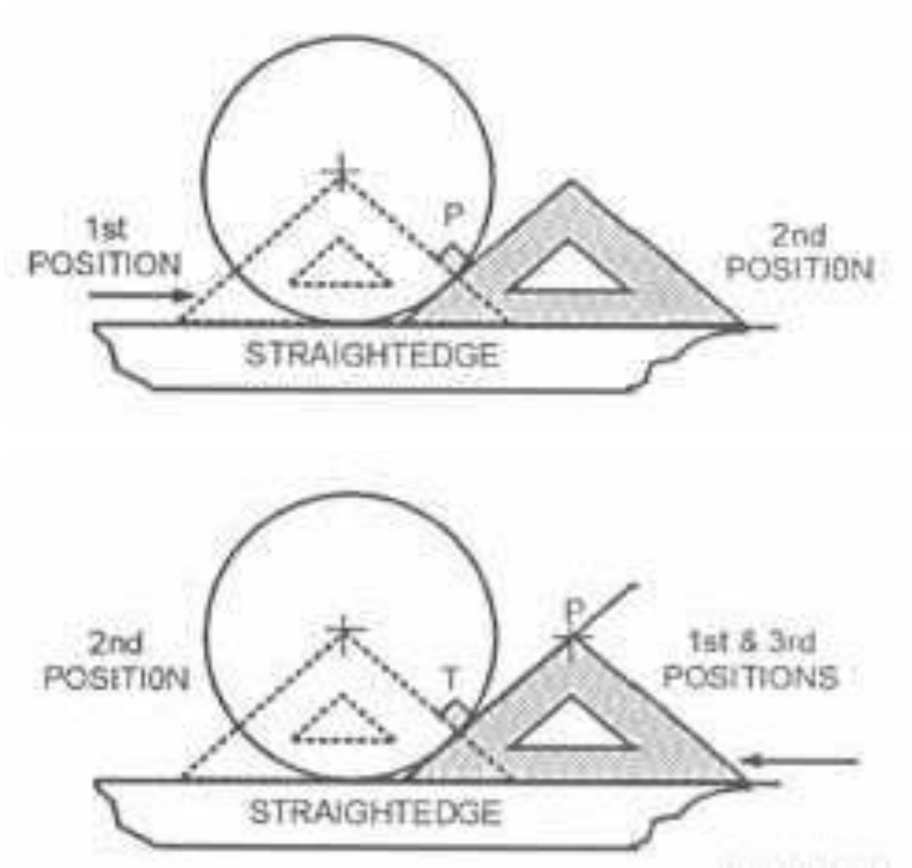
Gambar 1-26. Sebuah lingkaran menyinggung pada sebuah garis.

Menggambar sebuah garis menyinggung lingkaran melalui sebuah titik

Untuk menggambar sebuah titik singgung pada sebuah lingkaran melalui sebuah titik, ikuti tabel ini:

Langkah	Aksi
1	Pada sebuah lingkaran dengan titik singgung yang dituju di P, gerakkan sebuah segitiga ke posisi di mana satu sisi melewati pusat lingkaran dan titik P.
2	Geser segitiga melintasi tepi lurus sampai sisi yang berlawanan dari segitiga menyentuh lingkar di P. Jika P berada di luar lingkaran, tempatkan segitiga dengan satu sisi lurus melewati dari P ke keliling lingkaran. Pindahkan segitiga di atasnya sehingga sisi lurus lawan melewati pusat lingkaran dan memotong keliling lingkaran. Tandai titik T ini untuk titik singgung. Kembalikan segitiga di posisi pertama.
3	Gambarkan titik singgung yang diperlukan.

Gambar 1-27 menunjukkan proses untuk menggambar garis singgung lingkaran melalui suatu titik tertentu.



Gambar 1-27. Sebuah garis menyinggung sebuah lingkaran.

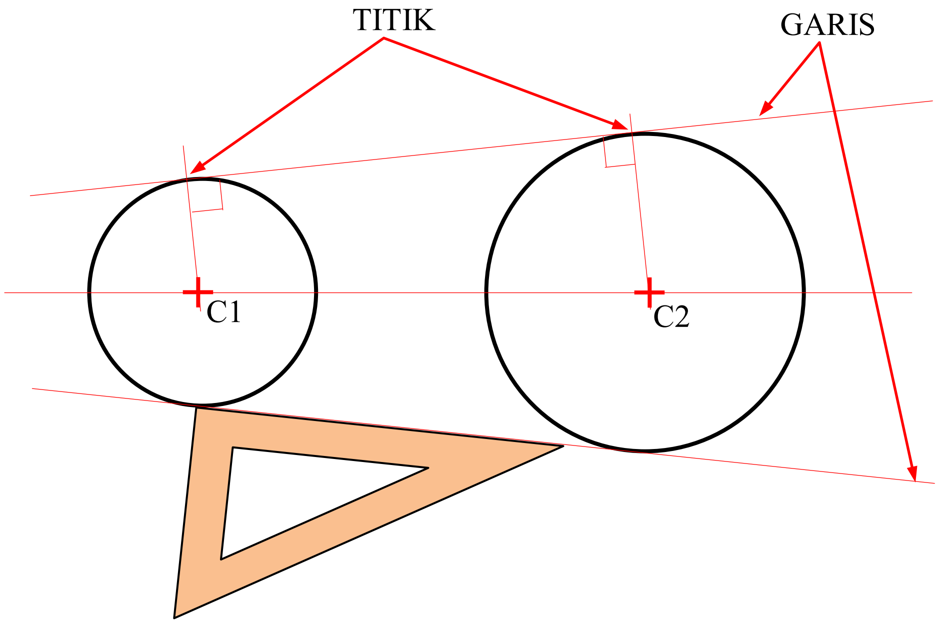
Menggambar titik-titik singgung pada dua lingkaran

Untuk menarik titik-titik singgung pada dua lingkaran, ikuti tabel ini:

Langkah	Aksi
1	Pada dua lingkaran yang diberikan dengan pusat ditandai C1 dan C2, gerakkan sebuah segitiga atau mistar lurus untuk menghubungkan titik-titik pusatnya.
2	Tempatkan segitiga pada busur bagian atas lingkaran sampai salah satu sisi segitiga menyentuh kedua lingkaran C1 dan C2. Gambar sebuah garis menyinggung pada lingkaran-lingkaran.
3	Tarik garis-garis tegak lurus dari titik singgung ke titik pusat lingkaran.
4	Ulangi prosedur ini untuk busur bagian bawah dari dua

	lingkaran.

Gambar 1-28 menunjukkan cara menggambar garis singgung pada dua lingkaran.



Gambar 1-28. Menggambar garis singgung pada dua lingkaran.

Menggambar sebuah busur menyinggung ke dua garis yang saling tegak-lurus

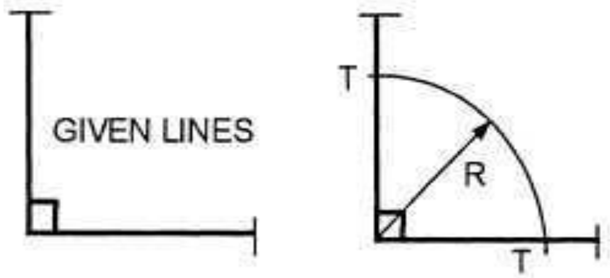
Hal ini tidak praktis untuk menarik busur jari-jari kecil dengan konstruksi titik singgung. Untuk jari-jari kecil atau jari-jari hingga 5/8 inci, menggambar garis-bagi sudut 45 ° dan lokasi busur dengan cara coba-coba (*trial and error*). Anda juga dapat menggunakan template atau mal lingkaran asalkan diameter lingkaran tepat sama dengan dua kali jari-jari yang diperlukan.

Untuk menggambar busur menyinggung dua garis pada susdut siku. ikuti tabel ini:

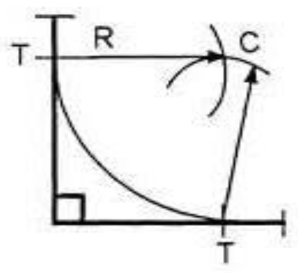
Langkah	Aksi
1	Pada dua garis saling tegak lurus yang diberikan, goreskan

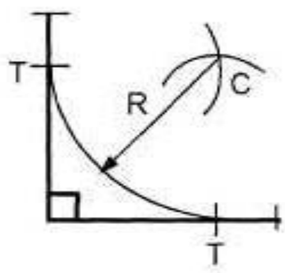
	sebuah busur pada radius yang dipilih memotong garis pada titik-titik singgung T.
2	Dengan radius terpilihyang sama dan menggunakan titik T sebagai pusat, goreskan busur yang lain untuk berpotongan pada titik C.
3	Dengan C sebagai pusat, gunakan jari-jari yang dipilih untuk menggambar busur singgung yang diperlukan.

Gambar 1-29 menunjukkan proses untuk menggambar sebuah busur menyinggung pada dua garis yang berpotongan pada sudut siku.



(1)





(2) (3)

Gambar 1-29. Menggambar sebuah busur menyinggung ke dua garis yang berpotongan tegak-lurus atau membentuk sudut siku.

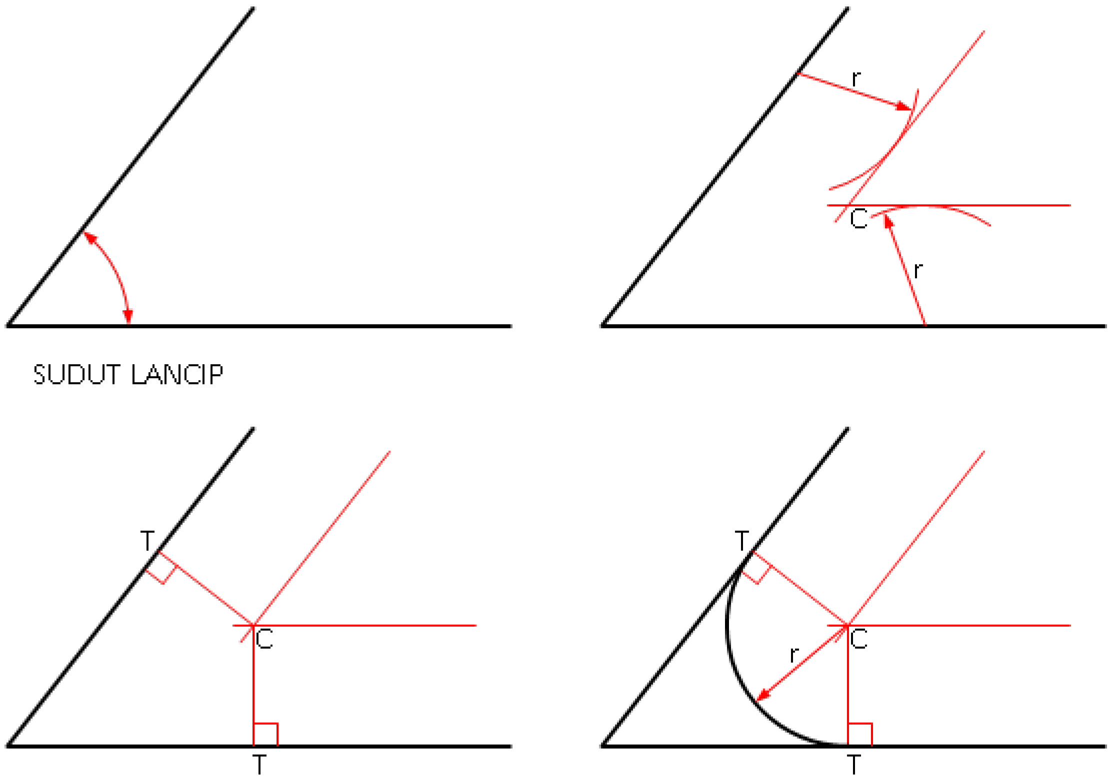
Menggambar sebuah busur menyinggung dua garis yang membentuk sudut lancip atau sudut tumpul

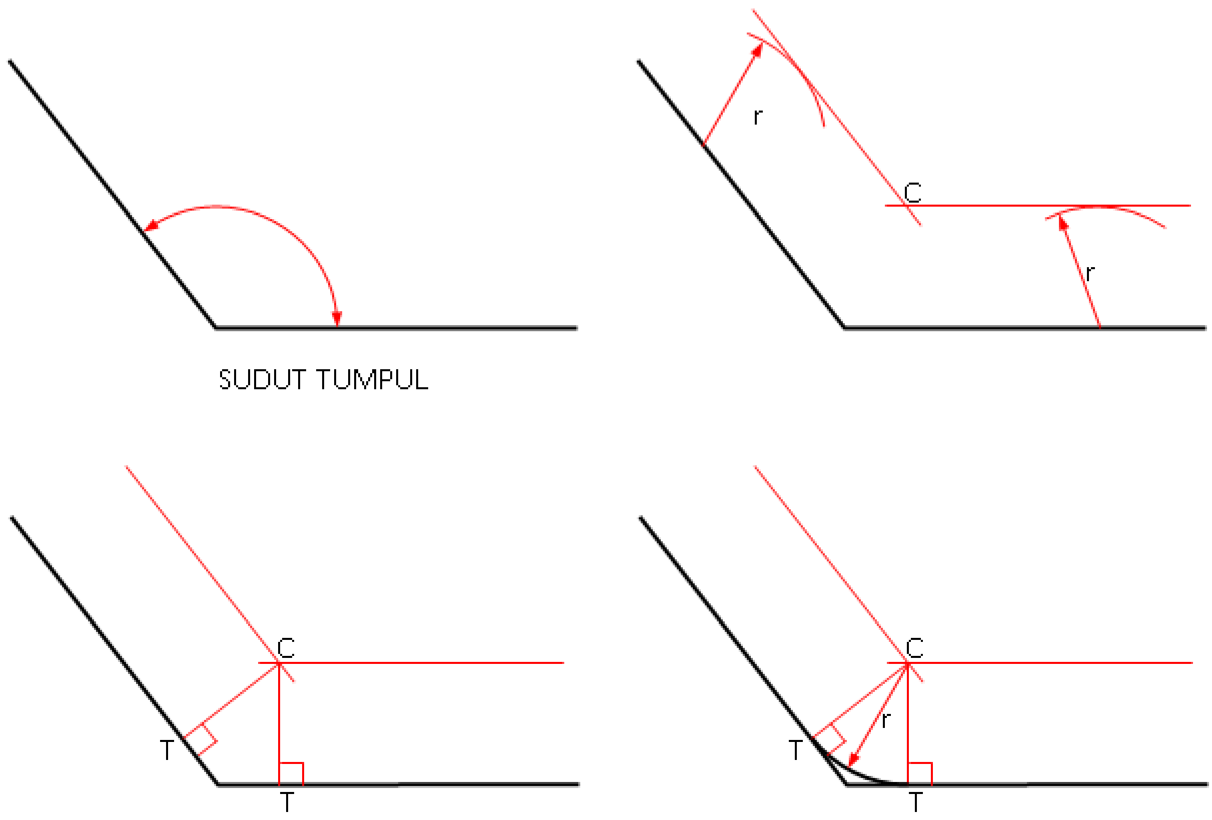
Untuk menggambar sebuah busur yang menyinggung dua buah garis yang membentuk sudut lancip atau tumpul, ikuti tabel ini:

Langkah	Aksi
1	Pada dua garis berpotongan yang diberikan yang tidak siku (baik lebih besar dari 90 ° (tumpul) atau kurang dari 90 ° (lancip), tariklah

	garis-garis sejajar terhadap garis-garis yang diberikan pada jarak yang sama dengan radius yang diinginkan dari busur yang diperlukan.
2	Pada perpotongan dari garis-garis paralel (C), tarik garis tegak lurus ke lokasi titik-titik singgung T.
3	Dengan C sebagai pusat dan R sebagai jari-jari busur yang diperlukan, tariklah busur yang diperlukan diantara titik-titik singgung.

Gambar 1-30 menunjukkan sebuah busur singgung diantara sudut lancip dan tumpul.





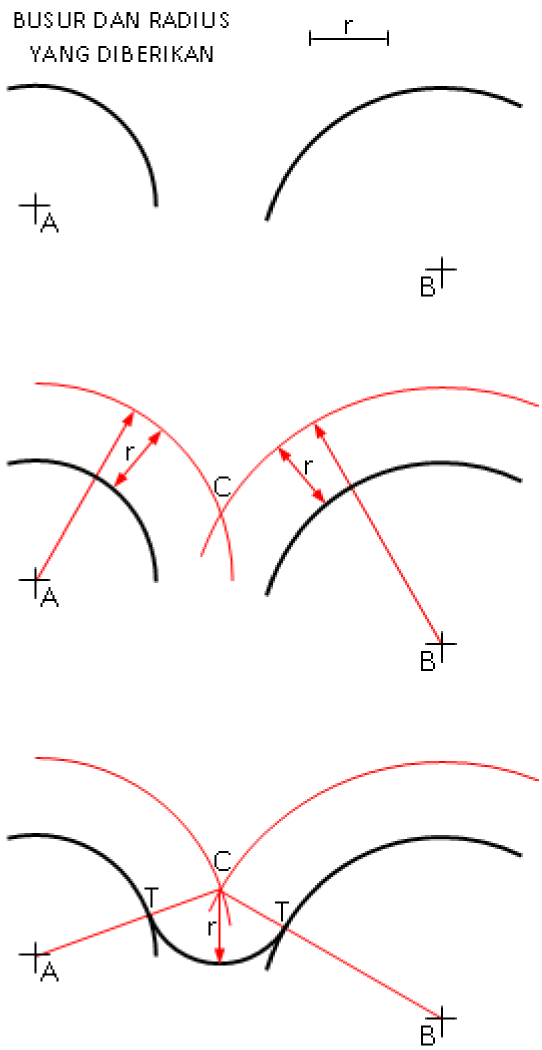
Gambar 1-30. Busur singgung menyinggung pada sudut tumpul.

Menggambar sebuah busur menyinggung dua busur

Untuk menggambar sebuah busur menyinggung pada dua busur, ikuti tabel ini:

Langkah	Lakukan
1	Pada busur yang diberikan dengan titik pusat A dan B, dan radius R yang diperlukan, tariklah busur- busur sejajar dengan busur yang diberikan dan pada jarak yang sama dengan R.
2	Tandai perpotongan busur-busur ini dengan C, maka titik C ini adalah titik pusat dari busur singgung yang diperlukan.
3	Buat garis dari titik pusat A dan B ke C untuk mendapatkan titik singgung T.
4	Gambarlah busur yang diperlukan dengan radius R ke titik-titik singgung.

Gambar 1-31 menunjukkan proses menggambar busur singgung yang bersinggungan dengan dua busur.



Gambar 1-31. Menggambar sebuah busur menyinggung ke dua busur.

Secara jelas bagian ini tidak mencakup semua situasi dari titik singgung tetapi menunjukkan bahwa permasalahan memiliki solusi matematika. Mengacu pada teks dalam rancangan dasar untuk cakupan yang lebih lengkap dari pemecahan masalah persinggungan.

Konstruksi Segi-banyak (*Poligon*)

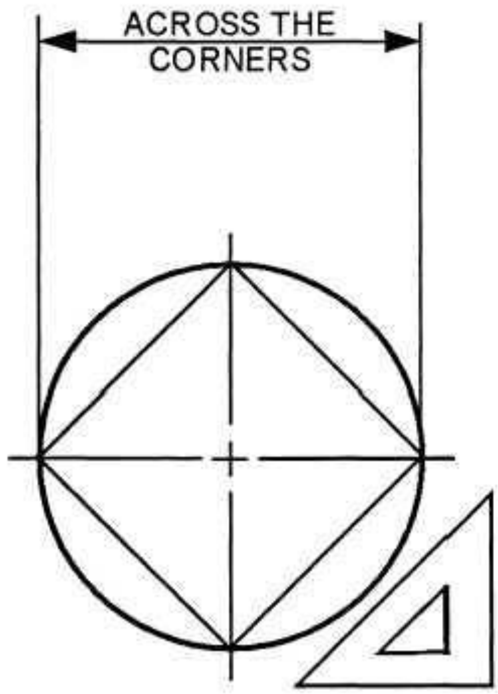
Pengantar

Poligon adalah konstruksi geometris yang paling umum. Sebuah pemahaman menyeluruh konstruksi dasar ini meningkatkan kemampuan juru gambar pemula untuk menggambar secara akurat dan untuk menjadi lebih familier dengan instrumen perancangan. Sebelum mulai menggambar poligon, Anda harus memahami metode dikurung lingkaran (*circumscribed*) dan metode lingkaran singgung (*inscribed*)dari konstruksi menggambar geometris.

Metode Dikurung Lingkaran (*Circumscribed method*)

Metode *Circumscribed* dari menggambar konstruksi poligonal adalah suatu proses dimana gambar geometri akan dibuat di dalam lingkaran. Lingkaran mengelilingi dan membatasi gambar. Pengukuran untuk berbagai bidang atau permukaan dari gambar geometris diambil di sudut-sudut atau diameter horisontal lingkaran.

Gambar 1-32 adalah bujur-sangkar dibatasi oleh sebuah lingkaran.



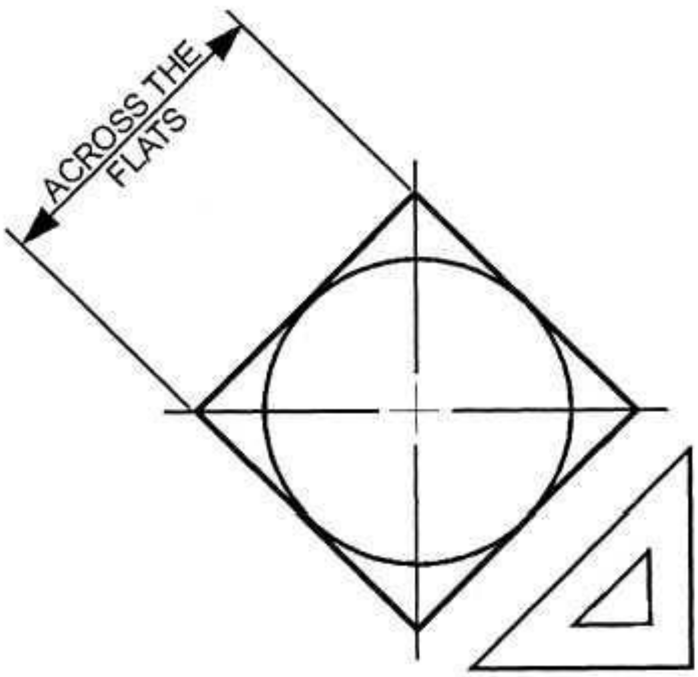
Gambar 1-32. Sebuah bujur-sangkar dibatasi oleh suatu lingkaran

Metode Lingkaran Singgung atau <u>Lingkaran Ditulisi</u> (*Inscribed method*)

Menggambar gambar geometris yang mengelilingi sekitar lingkaran dikenal sebagai metode lingkaran singgung (*inscribed method*) konstruksi

poligonal. Lingkaran berada di dalam gambar dan sisi-sisi gambar geometris bersinggungan pada keliling lingkaran. Diameter lingkaran diukur pada sudut 45 ° terhadap horizontal. Pengukuran untuk konstruksi gambar terbuat dari diameter atau menyilang di bagian rata (*flat*).

Gambar 1-33 menunjukkan konstruksi dari sebuah bujur-sangkar dengan menggunakan metode lingkaran singgung.



Gambar 1-33. Suatu lingkaran ditulisi (*inscribed*) oleh bujur-sangkar.

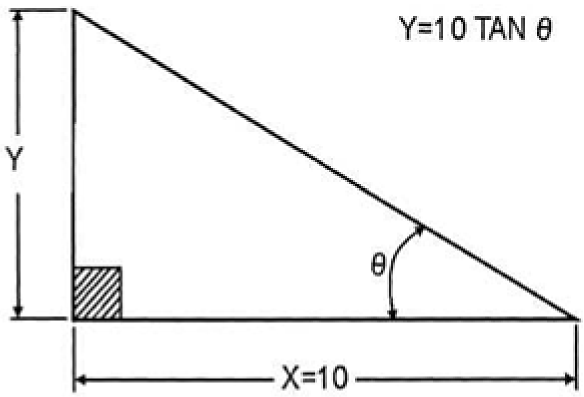
Sudut-sudut

METODE TANGEN

Metode tangen untuk konstruksi sudut adalah suatu fungsi trigonometri dari sebuah sudut lancip untuk menemukan atau mendapatkan rasio panjang sisi yang di depan sudut dengan panjang sisi yang berdekatan atau di samping dengan sudut. Pada gambar 2-34, tangen dari sudut □ adalah y / x, dan y = x tan□.

Untuk mengonstruksi sudut, tentukan nilai sederhana untuk x, dalam hal ini 10. Semakin besar angkanya, maka semakin akurat konstruksi sudutnya. Cari tangen dari sudut□ dalam sebuah tabel garis singgung dasar, kalikan dengan 10 dan mulailah y = 10 tan□.

Gambar 1-34 adalah sebuah sudut yang dibangun dengan metode tangen.

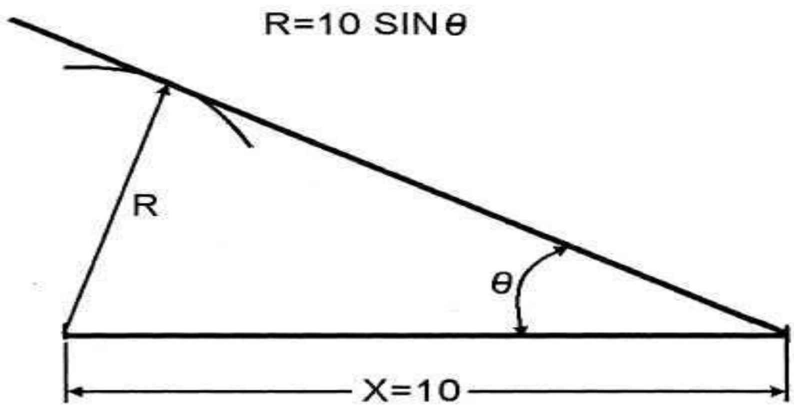


Gambar 1-34. Konstruksi sudut dengan Metode Tangen.

METODE SINUS:

Metode sinus dari konstruksi sudut adalah fungsi trigonometri lain dari sudut lancip yang merupakan rasio dari sisi berlawanan dengan sisi miring dari segitiga siku-siku. Tariklah garis x untuk setiap panjang yang cocok, sekali lagi kita akan menggunakan 10. Cari sinus dari sudut dalam tabel sinus dasar, kalikan dengan 10, dan goreskan R = 10 sin. Gambarlah sisi lain dari sudut menyinggung ke busur.

Gambar 1-35 adalah sudut yang digambar dengan metode sinus.

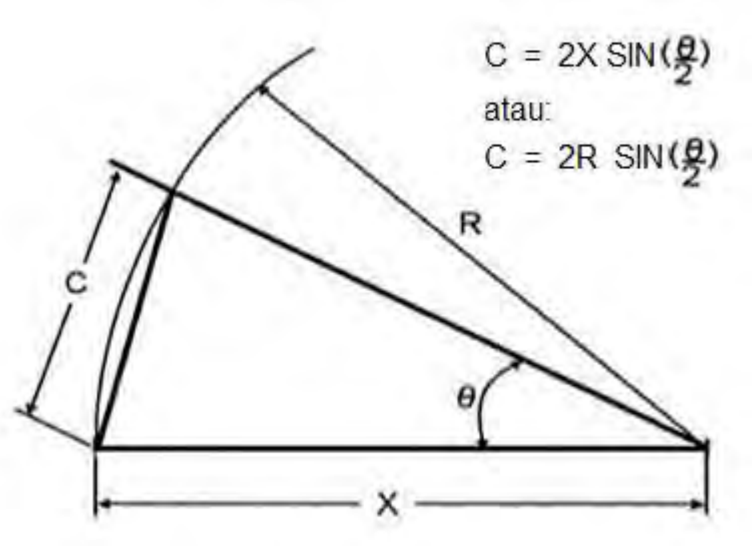


Gambar 1-35. Metode sinus dari konstruksi sudut.

METODE TALI-BUSUR (*CHORD METHOD*)

Metode *chord* untuk konstruksi sudut mengacu pada bergabungnya dua titik pada kurva dengan sebuah garis. Tariklah garis x pada panjang tertentu dan tarik sebuah busur pada radius tertentu, sekali lagi kita gunakan R = 10. Cari panjang tali-busur C dalam tali-busur dan kalikan nilai ini dengan 10. Jika sebuah tabel tidak tersedia, hitunglah nilai tali-busur dengan rumus C = 2x sin (□/2).

Gambar 2-36 adalah sebuah sudut yang ditarik dengan metode tali-busur (*chord method*).



Gambar 1-36. Mengonstruksi sudut dengan Metode *chord*.

Segitiga

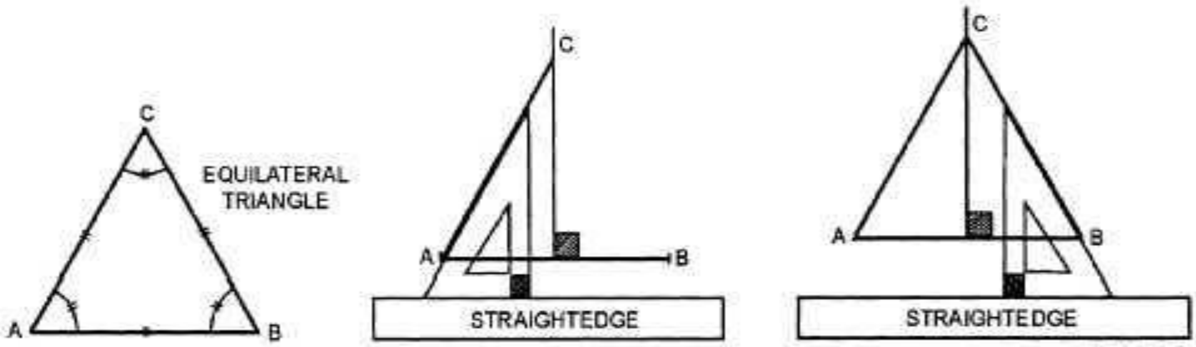
Metode yang dipilih untuk menggambar segitiga adalah dengan segitiga atau busur derajat.

Untuk menggambar segitiga dengan menggunakan segitiga, gunakan tabel ini:

Langkah	Lakukan
1	Pilih segitiga yang berisi sudut yang diperlukan untuk menggambar segitiga. Misalnya, pilih segitiga 30/60/90° untuk menggambar sebuah segitiga sama sisi di mana setiap sudut sama dengan 60°.
2	Menggambar garis tegak lurus ke pusat AB.
3	Dengan garis horizontal AB yang diberikan, tempatkan sisi alas segitiga melawan tepi lurus dari meja gambar Anda

	dengan sudut 60° di A.
4	Menarik garis AC ke garis tegak lurus.
5	Baliklah segitiga di atas untuk menempatkan sudut 60 ° di dasar segitiga di B dan melawan tepi lurus dari meja Anda.
6	Menarik garis BC. Garis AC dan BC harus berpotongan di atas pusat garis AB dan membentuk sudut 60 ° untuk menyelesaikan segitiga sama sisi.

Gambar 1-37 menunjukkan konstruksi sebuah segitiga sama sisi menggunakan segitiga 30° / 60° / 90°.



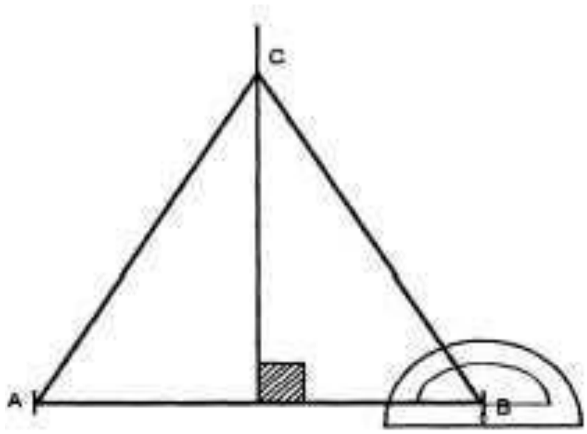
Gambar 1-37. Mengonstruksi sebuah segitiga sama sisi.

Anda juga dapat menggunakan busur derajat untuk membuat segitiga. Untuk menggunakan busur derajat atau busur derajat setengah lingkaran dalam mengonstruksi sebuah segitiga sama sisi, gunakan tabel ini:

Langkah	Lakukan
1	Dengan mistar tepi lurus, tarik garis (AB) pada panjang ertentu yang sesuai dan garis tegak lurus di pusat.
2	Tempatkan pusat busur derajat (biasanya ditandai 0) pada A, luruskan busur derajat dengan garis AB.
3	Cari kenaikan 60° pada busur derajat dan dengan garis tipis tandai kertas Anda. Jika menggunakan busur derajat melingkar penuh, Anda dapat meningkatkan akurasi dengan juga mencari dan menandai sudut lawan. Hal ini memungkinkan Anda untuk menggunakan sistem empat-titik acuan.
4	Pindahkan busur derajat ke B pada garis AB. Cari dan tandai gambar pada 60^0 kenaikan. Juga tandai sudut yang

	berlawanan, jika memungkinkan.
5	Gambar garis lurus melalui kenaikan yang ditandai mengakhiri pada garis tegak lurus. Garis-garis ini akan berpotongan membentuk segitiga sama sisi.

Gambar 1-38 menunjukkan sebuah segitiga sama sisi yang dibangun dengan menggunakan busur derajat.



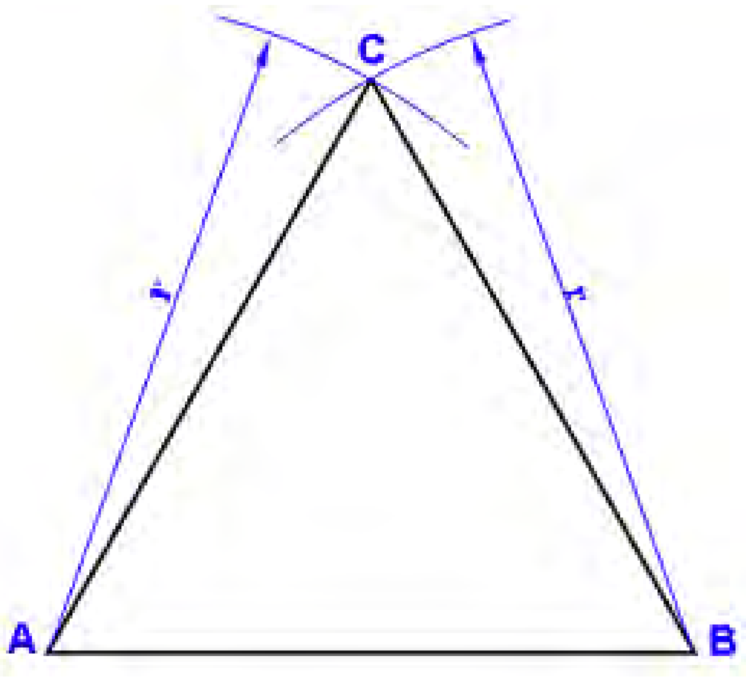
Gambar 1-38.-Membangun sebuah segitiga sama sisi dengan busur derajat.

Anda dapat menggunakan metode alternatif untuk mengonstruksi segitiga jika segitiga dan busur derajat tidak tersedia.

Untuk menggambar sebuah segitiga sama sisi menggunakan metode alternatif konstruksi, gunakan tabel ini:

Langkah	Lakukan
1	Menggambar garis lurus AB sebagai panjang alas segitiga sama sisi Anda.
2	Dengan menggunakan panjang AB sebagai radius, goreskan sebuah busur dengan A dan B sebagai titik pusat.
3	Busur-busur ini akan berpotongan di C.
4	Menggambar garis lurus dari A ke C dan B ke C untuk menyelesaikan segitiga.

Gambar 1-39 menggambarkan proses untuk membangun sebuah segitiga sama sisi dengan metode alternatif.



Gambar 1-39. Menggunakan jangka atau kompas untuk mengonstruksi sebuah segitiga sama sisi.

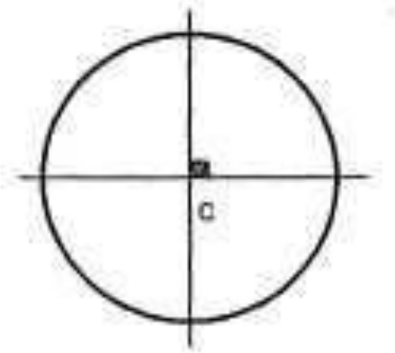
Bujur sangkar (*Squares*)

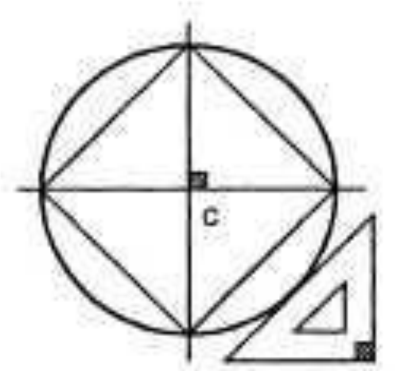
Anda dapat menggunakan segitiga atau *protractors* untuk membangun bujur-sangkar. Anda juga dapat membangun bujur-sangkar dengan menggunakan metode konstruksi dibatasi atau tertulis (*inscribed method*).

Untuk membangun kotak menggunakan metode dibatasi, gunakan tabel ini:

Langkah	Lakukan
1	Menggambar garis horizontal dan vertikal yang berpotongan tegak lurus satu sama lain.
2	Menggunakan perpotongan garis-garis ini sebagai pusat, gambarlah sebuah lingkaran dengan diameter yang sama dengan jarak dari salah satu sudut bujur-sangkar ke sudut lawan.
3	Dimana lingkaran memotong garis-garis tengah horizontal dan vertikal, gunakan segitiga 45° untuk menggambar garis-garis yang menghubungkan guna membentuk bujur-sangkar.

Gambar 1-40 menunjukkan bujur-sangkar dikonstruksi dibangun menggunakan metode lingkaran terbatas (*circumscribed circle method*).



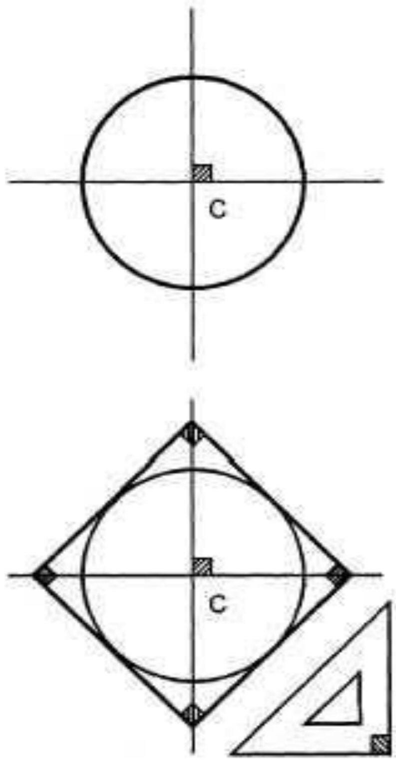


Gambar 1-40. Mengonstruksi bujur sangkar menggunakan metode dikurung lingkaran (*circumscribed method*).

Untuk membangun sebuah bujur-sangkar menggunakan metode lingkaran tertulis (*inscribed circle method*), gunakan tabel ini:

Langkah	Lakukan
1	Menggambar garis horizontal dan vertikal yang berpotongan tegak lurus satu sama lain.
2	Menggunakan perpotongan dari garis-garis ini sebagai garis tengah, gambarlah lingkaran dengan diameter yang sama dengan jarak antara dua sisi yang berlawanan dari bujur-sangkar.
3	Gunakan segitiga 45° untuk menggambar garis lurus bersinggungan dengan keliling lingkaran dan berpotongan satu sama lain pada 90°.

Gambar 1-41 menunjukkan konstruksi bujur-sangkar menggunakan lingkaran ditulisi (*inscribed circle*).



Gambar 1-41.-Membangun bujur-sangkar menggunakan metode tertulis (*inscribed method*).

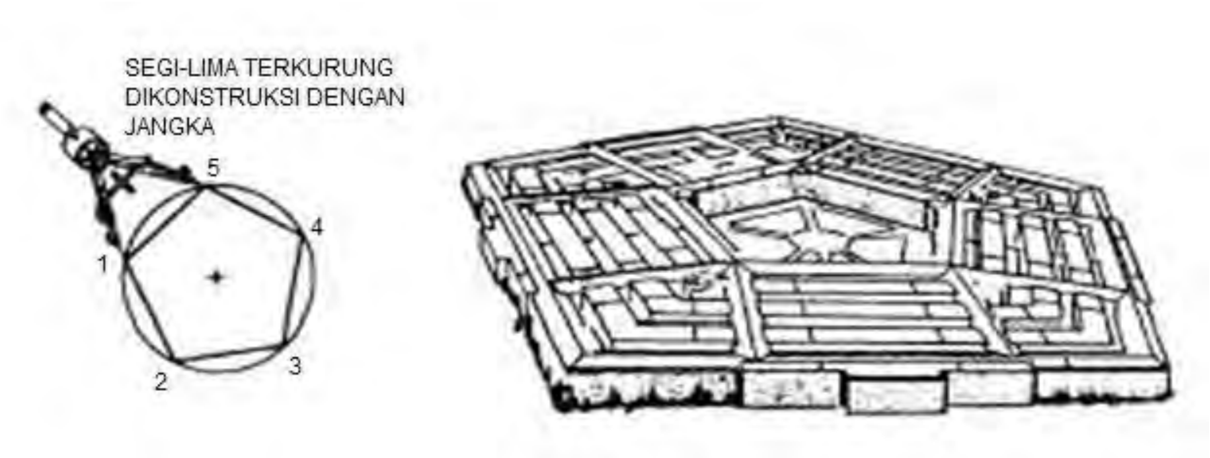
Segi-banyak yang Terdiri dari Lima Sisi atau Lebih

Anda dapat membuat poligon yang terdiri lebih dari lima sisi menggunakan kombinasi segitiga, jangka, atau busur derajat. Anda juga dapat membatasi atau menuliskan poligon banyak sisi dalam suatu bujur-sangkar atau lingkaran.

Pertama harus selalu menarik garis horisontal dan vertikal berpotongan tegak lurus satu sama lain pertama. Gunakan perpotongan garis-garis ini sebagai titik pusat untuk menggambar lingkaran atau kotak.

Metode untuk membangun poligon bersisi bayak dengan sebuah jangka adalah yang paling akurat. Proses ini mengharuskan Anda untuk memperkirakan dan mengatur dengan cara coba-coba porsi yang sama sepanjang keliling lingkaran.

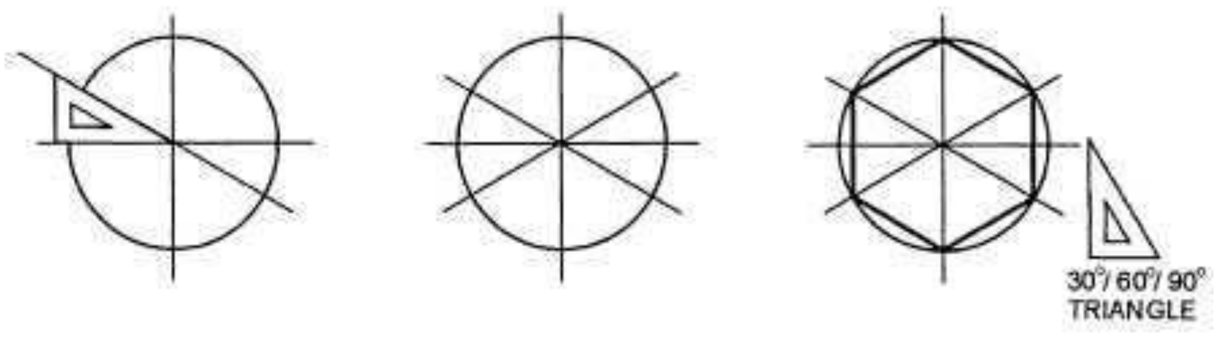
Gambar 1-42 menunjukkan segi-lima (*pentagon*) yang dibangun menggunakan jangka.



Gambar 1-42. Segi-lima (*pentagon*).

Bila menggunakan segitiga untuk membangun poligon bersisi banyak, Anda terbatas pada gambar geometris yang dapat dibagi menjadi sudut yang sesuai dengan salah satu dari 11 sudut yang dapat diukur oleh sebuah segitiga atau kombinasi segitiga seperti segi-enam atau *hexagons* (60°) dan segi-delapan atau *octagons* (45 °).

Gambar 1-43 mengilustrasikan bagaimana menggunakan segitiga untuk membangun segi enam.

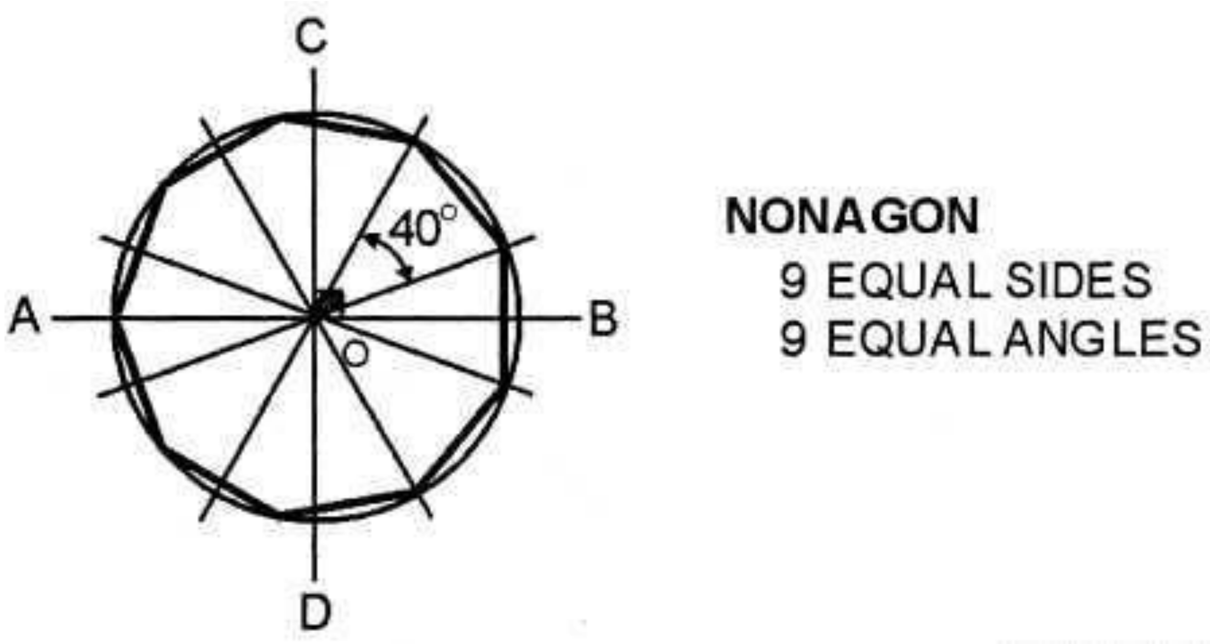


Gambar 1-43. Sebuah segi-enam.

Menggunakan busur derajat untuk membangun gambar poligon bersisi banyak mengharuskan Anda untuk secara matematis menghitung sudut umum menggunakan rumus. Rumus membagi sudut 360° dari lingkaran

dengan bagaimana banyak sisi poligon dibutuhkan. Misalnya, segi tujuh atau gambar poligon tujuh-sisi memerlukan sudut umum 51,3° (berasal dari 360° ÷ 7 = 51,3 °).

Gambar 1-44 menunjukkan poligon sembilan-sisi (360 ° ÷ 9 = 40°).



Gambar 1-44. Segi-sembilan (*nonagon*).

Konstruksi Elips

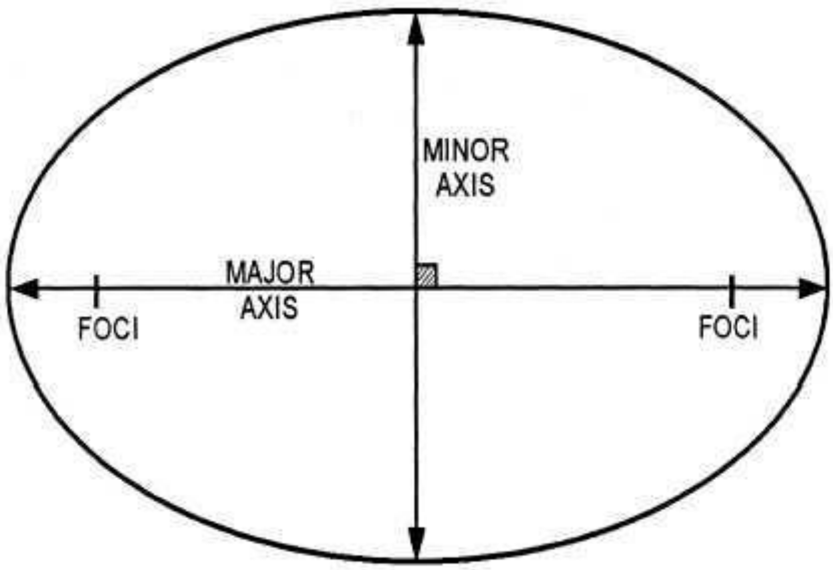
Pengantar

Meskipun mal atau template elips sangat mengurangi waktu dalam konstruksi elips, Anda harus tahu bagaimana membangun sebuah elips menggunakan metode lain. Anda dapat menggunakan salah satu dari metode: fokus, mengungkung (*trammel*), diameter konsentris, diameter gabungan, atau metode jajaran genjang dibatasi (*circumscribed parallelogram method*) untuk konstruksi elips.

Sebuah elip dibuat dengan memindahkan titik sehingga jumlah jarak dari dua titik (fokus) adalah konstan dan sama dengan sumbu utama. Fokus melayani sebagai titik fokus untuk rotasi titik yang melingkar. Sumbu utama adalah diameter yang terpanjang. Diameter terpendek adalah sumbu minor. Elips yang terbentuk adalah dasar, seragam, bukan lingkaran, kurva tertutup.

Sebuah elips juga dapat menjadi bagian irisan kerucut jika dibentuk oleh sebuah bidang pemotongan miring pada kerucut solid.

Gambar 1-45 menunjukkan terminologi elips.



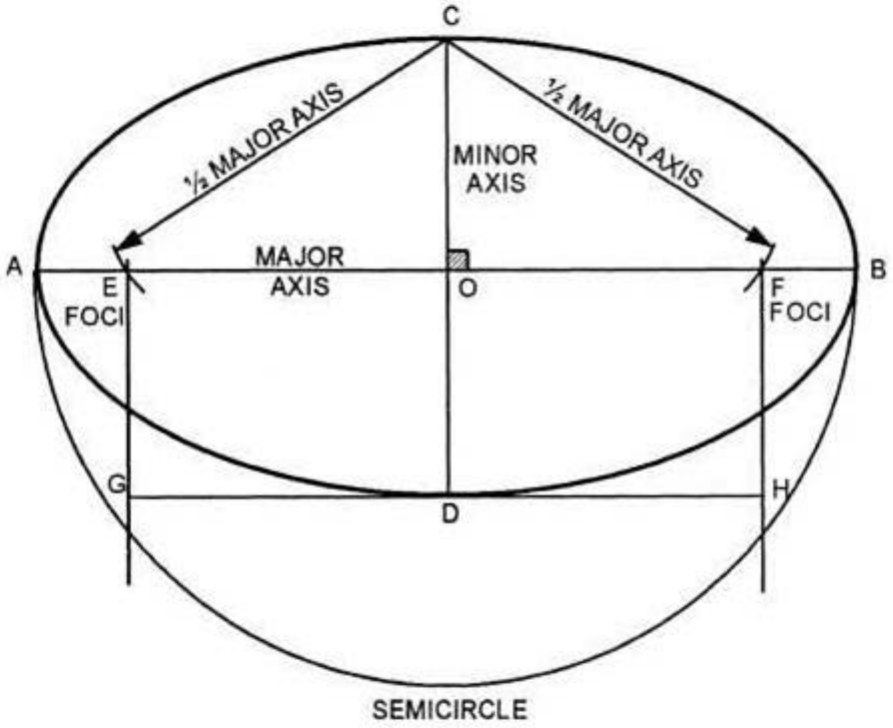
Gambar 1-45. Terminologi Elips

Menentukan Fokus

Untuk menentukan fokus dari sebuah elips, goreskan busur dengan suatu radius sama dengan setengah sumbu utama dan dengan titik pusat pada akhir sumbu minor.

Cara lain adalah dengan menggambar setengah lingkaran dengan diameter sama dengan sumbu utama elips. Kemudian menarik garis GH sejajar dengan sumbu utama. Menggambar GE dan HF sejajar dengan sumbu minor.

Gambar 1-46 menunjukkan bagaimana untuk menentukan fokus.



Gambar 1-46. Menentukan fokus.

Metode Fokus

Metode fokus konstruksi elips melibatkan penempatan serangkaian titik sepanjang keliling elips dengan menggambar serangkaian perpotongan busur-busur menggunakan fokus pada sumbu utama sebagai pusat.

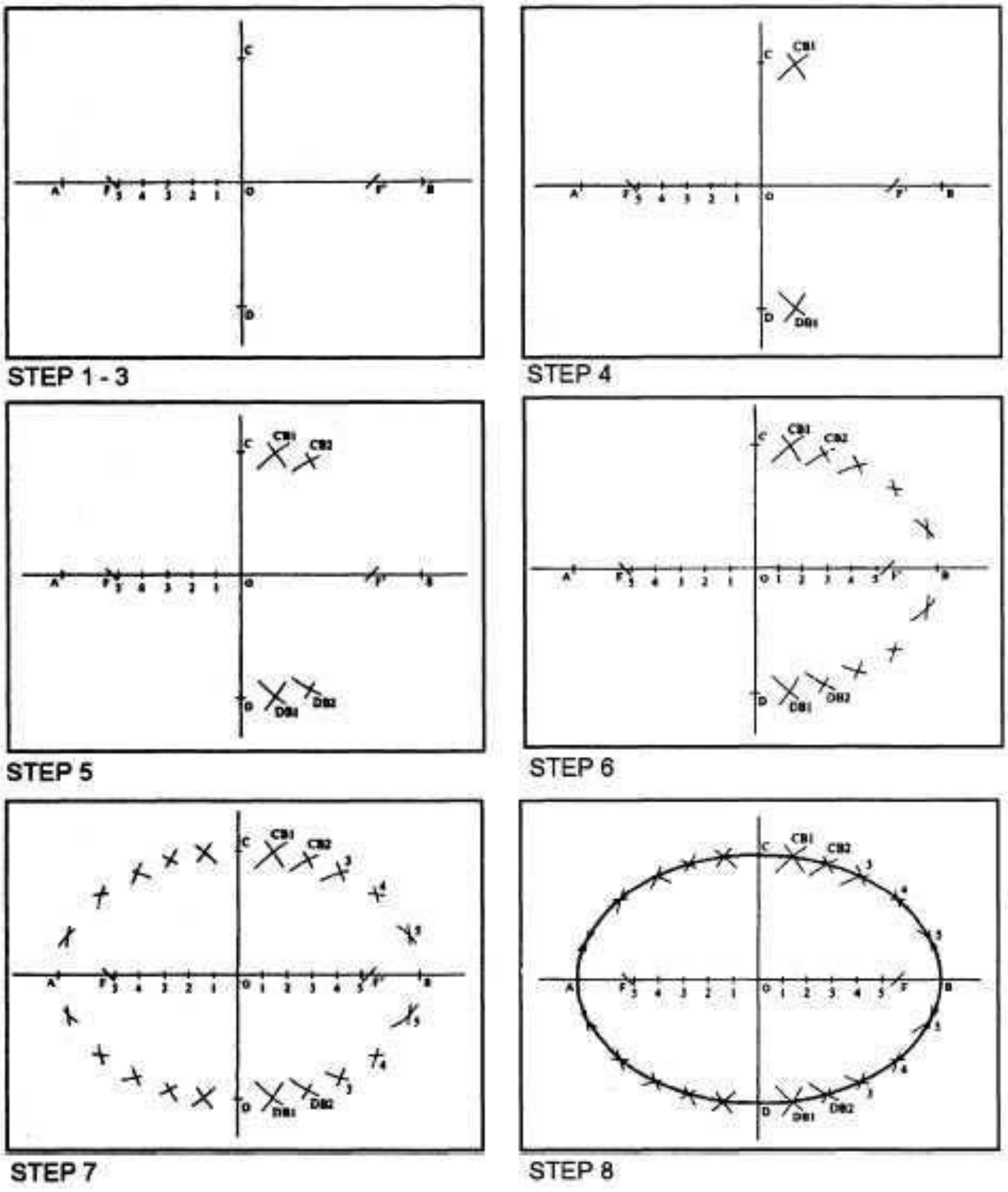
Untuk membangun sebuah elips dengan menggunakan metode fokus, gunakan tabel ini:

Langkah	Lakukan
1	Lukis sumbu horizontal (AB) dan sumbu vertikal (CD) yang berpotongan di sudut siku (0).
2	Menemukan fokus (F, F') dengan menetapkan jangka satu setengah jarak sumbu utama AB dan goreskan busur sepanjang AB menggunakan C sebagai titik pusat.
3	Tandai minimal lima jarak yang sama antara F dan 0. Semakin banyak jarak ditandai, semakin akurat konstruksi elips.
4	Mengatur jangka untuk jarak dari A ke 1. Goreskan busur-busur di atas dan di bawah garis AB dengan menggunakan 1 dan F' sebagai titik pusat.

5	Mengatur jangka untuk jarak A ke 2. Goreskan busur-busur di atas dan di bawah AB menggunakan 2 dan F' sebagai titik pusat. Lanjutkan penempatan titik-titik dengan cara ini sampai lima titik semuanya membentuk keliling elips antara CB dan BD.
6	Tandai minimal lima jarak yang sama antara 0 dan B.
7	Letakkan lima titik membentuk sebuah keliling elips antara CA dan AD menggunakan prosedur yang sama dengan sebelumnya tetapi secara terbalik menggunakan F sebagai pusat.
8	Setelah semua titik diplot, menghubungkan titik-titik menggunakan kurva Perancis.

Metode Fokus

Gambar 1-47 mengilustrasikan prosedur untuk membangun sebuah elips dengan menggunakan metode fokus (Lanjutan).



Gambar 2-47. Menghasilkan sebuah elips dengan metode fokus.

Metode Mengungkung (*trammel method*)

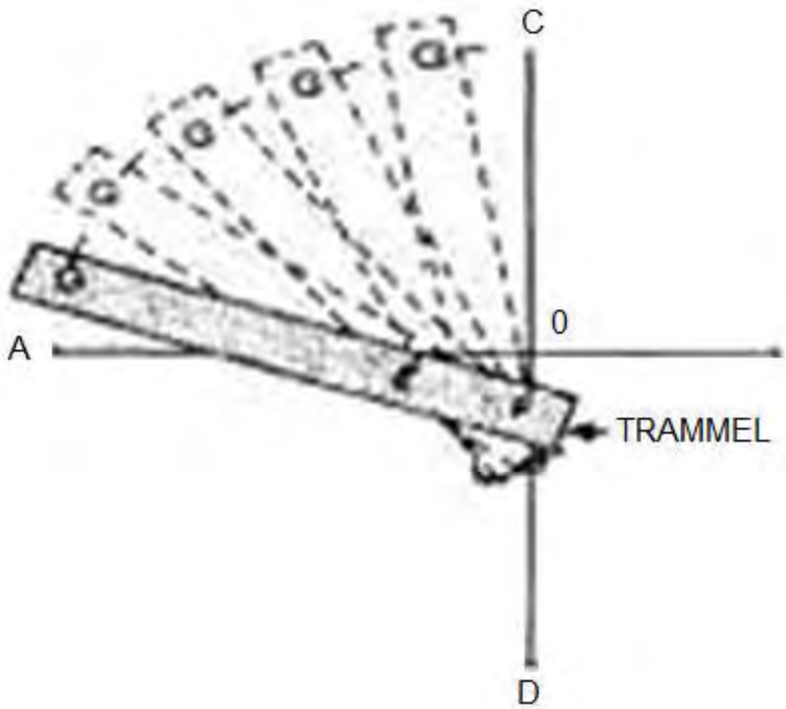
Metode *trammel* dari konstruksi elips melibatkan penempatan serangkaian titik dengan menggunakan strip dari kertas, karton, plastik, atau mistar tepi lurus ditandai dengan dua fokus dan memuutar strip ke atas, ke bawah, dan ke sekitar sumbu horisontal dan vertikal. Strip atau panjang kertas

atau karton adalah suatu *trammel*. *Trammel* ini memiliki tiga tanda, dua mewakili fokus dan satu mewakili lingkar atau kelilingelips.

Untuk membangun sebuah elips dengan menggunakan metode *trammel*, gunakan tabel ini:

Langkah	Lakukan
1	Lukislah sumbu-sumbu horizontal (AB) dan vertikal (CD) yang berpotongan tegak lurus (0).
2	Tentukan sumbu minor dan sumbu utama dan fokus elips dimaksudkan.
3	Pada secarik kertas atau karton, berhentikan jarak GE mewakili setengah panjang sumbu minor dan GF mewakili setengah panjang sumbu utama.
4	Mengatur *trammel* pada gambar sehingga E selalu melintasi AB dan F bergerak sepanjang CD.
5	Ketika Anda menggerakkan *trammel* itu, atur titik di G yang akan selalu menunjukkan lingkar atau keliling elips.

Gambar 1-48 menunjukkan posisi trammel seperti ketika Anda membangun sebuah elips.



Gambar 1-48. Konstruksi elips dengan metode *trammel*.

Metode Diameter Konsentris

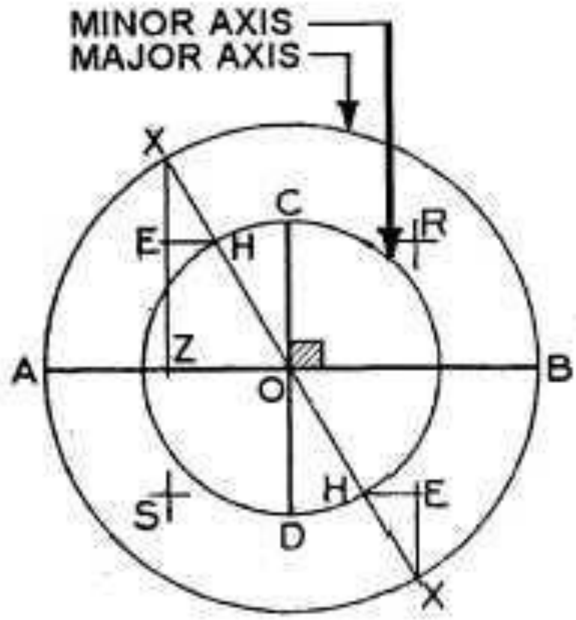
Dalam metode diameter konsentris dari konstruksi elips, Anda menggunakan sumbu mayor dan minor sebagai diameter untuk lingkaran konsentris pada sumbu horisontal dan vertikal umum yang berpotongan di sudut siku. Dengan menggambar diagonal melintas di kedua lingkaran dan menempatkan titik-titik poin berikutnya, Anda dapat membuat sebuah elips.

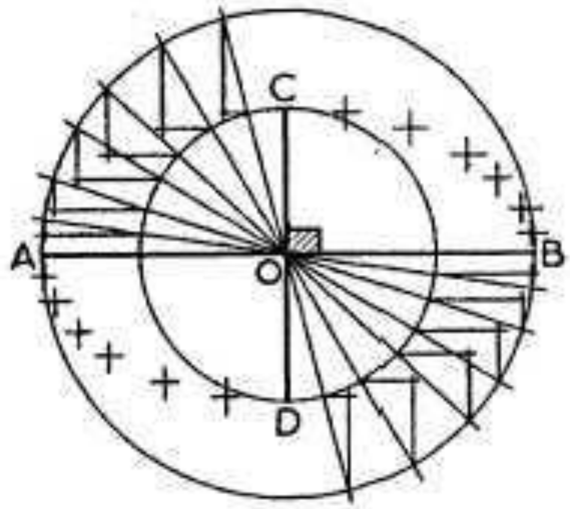
Untuk membangun sebuah elips dengan menggunakan metode diameter konsentris, gunakan tabel ini:

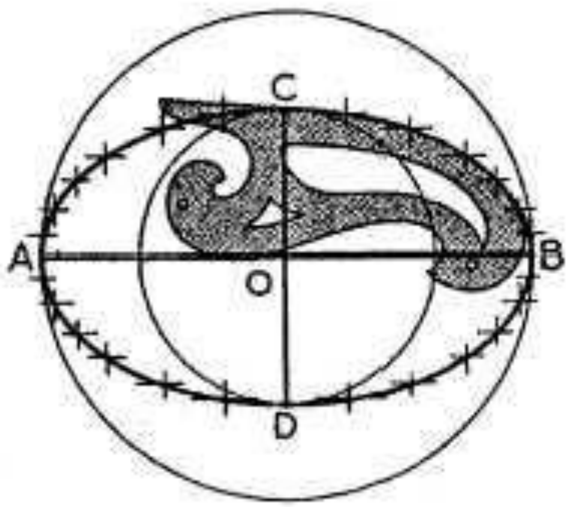
Langkah	Lakukan
1	Menggambar sumbu horizontal (AB) dan vertikal (CD) yang berpotongan tegak lurus (0).
2	Menggunakan panjang sumbu mayor dan minor sebagai diameter, lukislah dua lingkaran konsentris dengan 0 sebagai pusat umum.
3	Gambarlah diagonal (XX) di setiap sudut umum melalui keliling kedua lingkaran melewati 0. Setiap diagonal yang digambar menyediakan Anda dengan empat titik sepanjang keliling elips.
4	Dari titik X, menggambar garis XS sejajar dengan CD dan tegak lurus AB.
5	Dimana XX memotong lingkaran yang lebih kecil, tarik HE sejajar dengan AB dan tegak lurus terhadap CD.
6	Tarik sebanyak diagonal yang Anda merasa perlu untuk menentukan elips secara memadai.
7	Secara tipis buat sketsa elips melalui titik. Selanjutnya hitamkan garis elips menggunakan kurva Perancis.

Metode Diameter Conjugate (Lanjutan)

Gambar 1-49 menggambarkan metode lingkaran konsentris untuk membuat konstruksi elips.


MINOR AXIS
MAJOR AXIS
X
C
R
E
H
Z
A
O
B
S
D
H
E
X


C
A
O
B
D


C
A
O
B
D

Gambar 1-49. Konstruksi elips dengan Metode lingkaran Konsentris.

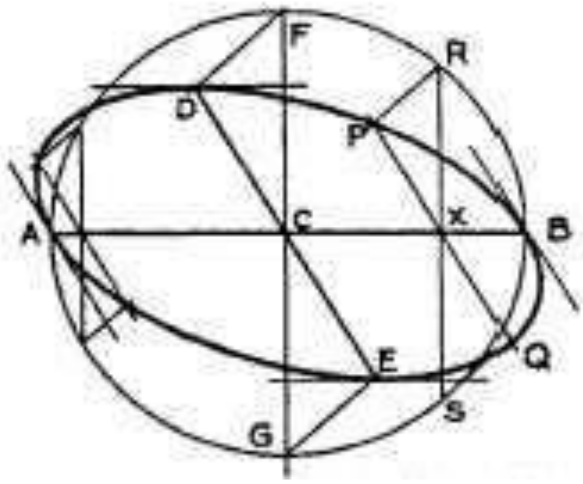
Metode Diameter Gabungan (*Conjugate diameter method*)

Metode menggabungkan diameter untuk konstruksi elips menggunakan diameter gabungan untuk memproyeksikan lingkaran dan melalui serangkaian garis singgung, menempatkan titik-titik pada keliling elips.

Untuk membangun sebuah elips menggunakan diameter gabungan, gunakan tabel ini;

Langkah	Lakukan
1	Pada dua diameter gabungan (AB dan DE) dengan C sebagai pusat, gunakan jarak dari C ke A sebagai radius untuk menggambar lingkaran dengan C sebagai pusat.
2	Menarik garis (GF) tegak lurus AB dan melewati C.
3	Menggambar garis yang menghubungkan titik-titik D dan F dan titik G dan E.
4	Pilih salah satu titik (X) sepanjang AB dan menarik garis (PQ) sejajar dengan DE dan RS sejajar dengan FG.
5	Tentukan setidaknya lima titik untuk masing-masing kuadran. Untuk elips yang lebih besar, rencanakan lebih banyak titik. Semakin banyak titik yang diplot maka lingkar elips akan lebih akurat.
6	Dengan garis tipis buatlah sketsa garis elips. Kemudian dilanjutkan dengan menghitamkan elips menggunakan kurva Perancis.

Gambar 1-50 mengilustrasikan metode gabungan diameter untuk mengonstruksi sebuah elips.



Gambar 2-50. Metode diameter gabungan (*conjugate diameter method*).

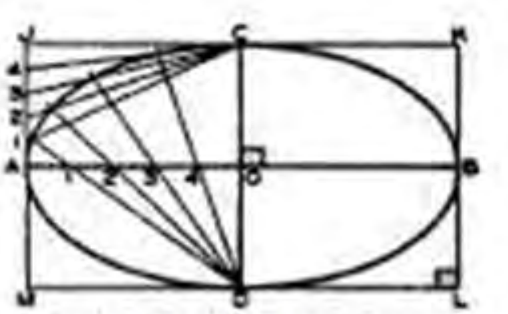
Elips Jajaran Genjang

Metode jajaran genjang untuk membangun elips adalah dengan mengurung (*inscribes*) elips dalam jajarangenjang. Anda dapat menggunakan diameter gabungan atau sumbu mayor dan minor untuk menentukan jajaran genjang asalkan sisi jajaran genjang adalah sejajar dengan diameter atau sumbu.

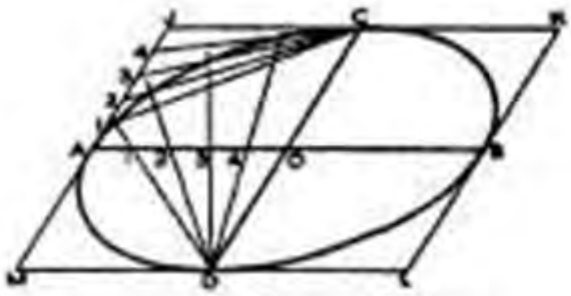
Untuk menggambar elips dengan metode jajaran genjang, gunakan tabel ini;

Langkah	Lakukan
1	Pada sumbu mayor dan minor yang diberikan atau diameter gabungan AB dan CD, gambarlah persegi panjang atau jajaran genjang. Pastikan semua sisi sejajar dengan sisi masing-masing.
2	Bagilah jarak antara AO dan AJ ke jumlah yang sama dari bagian yang sama.
3	Mulai dari ujung dari sumbu minor CD, gambar garis lurus dengan tipis melalui setiap titik. Garis-garis yang berpotongan membentuk lingkar elips.
4	Buatlah sketsa garis elips dengan garis tipis. Kemudian dilanjutkan dengan menghitamkan garis menggunakan kurva Perancis.

Gambar 1-51 mengilustrasikan prosedur untuk menggambar elips tertulis dalam jajaran genjang.



MAJOR & MINOR AXES GIVEN



CONJUGATE DIAMETERS GIVEN

Gambar 1-51. Metode jajaran genjang.

Spiral (*Involutes*)

Pengantar

Beberapa gambar geometris tidak terikat oleh garis lurus dan busur. Mereka tidak memiliki bentuk tertutup tapi terus ke bentuk spiral. Jenis bentuk gambar geometrik ini disebut spiral. Gigi gigi dan mekanisme saling terkait sering digambarkan menggunakan jenis gambar ini.

Spiral (*Involutes*)

Sebuah spiral adalah jalur dari sebuah titik di atas suatu rangkaian seperti terurai dari sebuah garis, poligon, atau lingkaran. Spiral adalah gabungan busur-busur singgung dan peningkatan setengah lingkaran dengan diameter yang lebih besar yang dibentuk oleh garis, segitiga, bujur-sangkar, dan lingkaran.

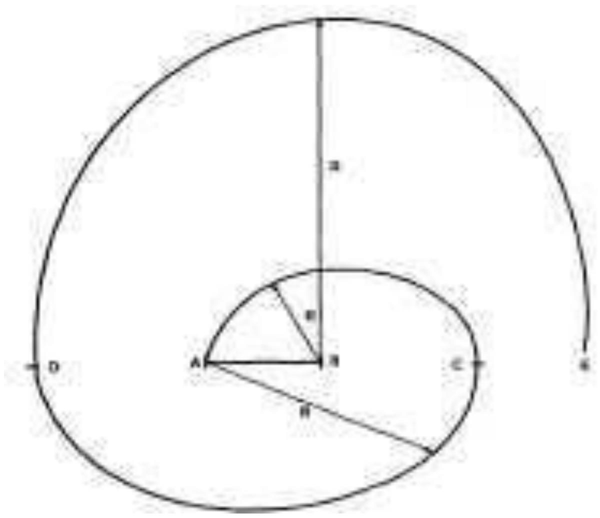
Spiral dari suatu Garis

Untuk menggambar suatu spiral dari suatu garis, gunakan tabel ini:

Langkah	Lakukan
1	Pada garis AB yang diberikan, gunakan garis AB sebagai radius dan B sebagai pusat untuk menggambar setengah

	lingkaran AC.
2	Gunakan AC sebagai radius dan A sebagai pusat untuk menarik setengah lingkaran CD yang lain.
3	Dengan BD sebagai radius dan B sebagai pusat, gambarlah setengah lingkaran DE.
4	Lanjutkan untuk mengulangi pola ini sampai gambar selesai. Hitamkan semua garis.

Gambar 1-52 adalah contoh dari suatu spiral dari sebuah garis.



Gambar 1-52. Spiral dari sebuah garis.

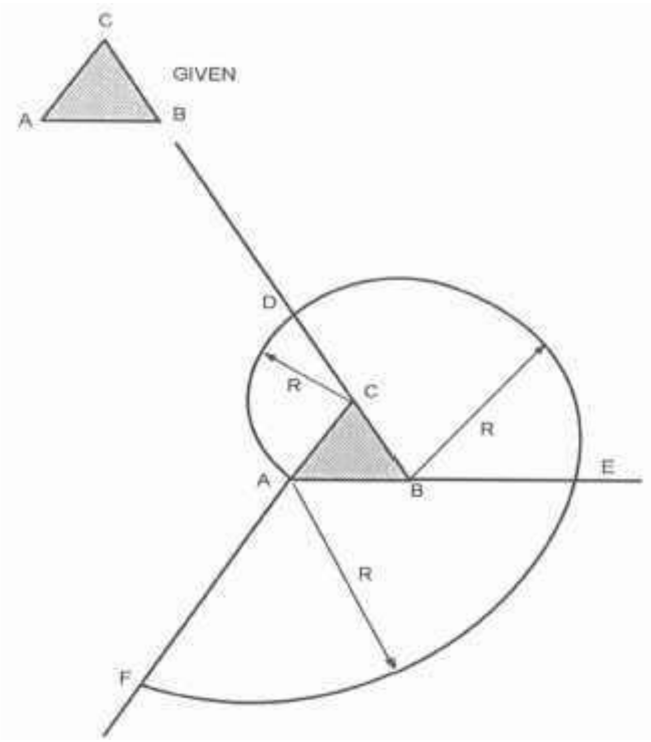
Spiral Segitiga

Untuk menggambar spiral segitiga, gunakan tabel ini:

Langkah	Lakukan
1	Pada segitiga ABC yang diberikan, memperpanjang sisi-sisi dari segitiga ke setiap panjang yang sesuai.
2	Menggunakan CA sebagai radius dan C sebagai pusat, goreskan busur AD berakhir di perpotongan perpanjangan BD.
3	Dengan BD sebagai radius dan B sebagai pusat, goreskan busur DE.
4	Dengan AE sebagai jari-jari dan A sebagai pusat, goreskan busur EF.

5	Ulangi prosedur ini sampai Anda mencapai gambar dari ukuran yang diinginkan.

Gambar 1-53 adalah contoh dari sebuah spiral segitiga.



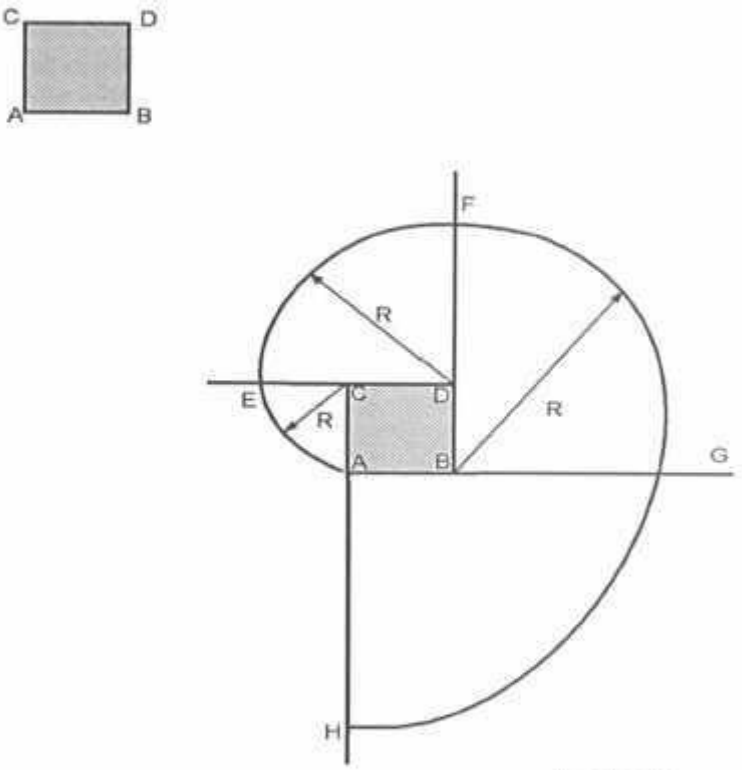
Gambar 1-53. Spiral dari sebuah segi-tiga.

Spiral Bujur-sangkar

Untuk menggambar spiral suatu bujur-sangkar, gunakan tabel ini:

Langkah	Lakukan
1	Pada bujur-sangkar ABCD yang diberikan, perpanjang semua sisi ke setiap panjang yang cocok.
2	Dengan CA sebagai radius dan C sebagai pusat, gambarkan busur AE.
3	Dengan DE sebagai radius dan D sebagai pusat, gambarkan busur EF.
4	Ulangi prosedur ini sampai Anda menyelesaikan gambar dari ukuran yang diinginkan.

Gambar 1-54 adalah sebuah contoh dari sebuah spiral bujur-sangkar.



Gambar 1-54. Sebuah Spiral dari Bujur-sangkar.

TABEL FUNGSI TRIGONOMETRI

(source: http://draftingmanuals.tpub.com/14276/css/14276_428.htm)

deg	sin	cos	tan	cot	
0.0	.00000	1.0000	.00000		90.0
.1	.00175	1.0000	.00175	573.0	.9
.2	.00349	1.0000	.00349	286.5	.8
.3	.00524	1.0000	.00524	191.0	.7
.4	.00698	1.0000	.00698	143.24	.6
.5	.00873	1.0000	.00873	114.59	.5
.6	.01047	0.9999	.10147	95.49	.4
.7	.01222	.9999	.01222	81.85	.3
.8	.01396	.9999	.01396	71.62	.2
.9	.01571	.9999	.01571	63.66	.1
1.0	.01745	0.9998	.01746	57.29	89.0
.1	.01920	.9998	.01920	52.08	.9
.2	.02094	.9998	.02095	47.74	.8
.3	.02269	.9997	.02269	44.07	.7
.4	.02443	.9997	.02444	40.92	.6
.5	.02618	.9997	.02619	38.19	.5
.6	.02792	.9996	.02793	35.80	.4
.7	.02967	.9996	.02968	33.69	.3
.8	.03141	.9995	.03143	31.82	.2
.9	.03316	.9995	.03317	30.14	.1
2.0	.03490	0.9994	.03492	28.64	88.0
.1	.03664	.9993	.03667	27.27	.9
.2	.03839	.9993	.03842	26.03	.8
.3	.04013	.9992	.04016	24.90	.7
.4	.04188	.9991	.04191	23.86	.6
.5	.04362	.9990	.04366	22.90	.5
.6	.04536	.9990	.04541	22.02	.4
.7	.04711	.9989	.04716	21.20	.3
.8	.04885	.9988	.04891	20.45	.2
.9	.05059	.9987	.05066	19.74	.1
3.0	.05234	0.9986	.05241	19.081	87.0
.1	.05408	.9985	.05416	18.464	.9
.2	.05582	.9984	.05591	17.886	.8
.3	.05756	.9983	.05766	17.343	.7
.4	.05931	.9982	.05941	16.832	.6
.5	.06105	.9981	.06116	16.350	.5
.6	.06279	.9980	.06291	15.895	.4
.7	.06453	.9979	.06467	15.464	.3
.8	.06627	.9978	.06642	15.056	.2
.9	.06802	.9977	.06817	14.669	.1
	cos	sin	cot	tan	deg

deg	sin	cos	tan	cot	
4.0	.06976	0.9976	.06993	14.301	86.0
.1	.07150	.9974	.07168	13.951	.9
.2	.07324	.9973	.07344	13.617	.8
.3	.07498	.9972	.17519	13.300	.7
.4	.07672	.9971	.07695	12.996	.6
.5	.07846	.9969	.07870	12.706	.5
.6	.08020	.9968	.08046	12.429	.4
.7	.08194	.9966	.08221	12.163	.3
.8	.08368	.9965	.08397	11.909	.2
.9	.08542	.9963	.08573	11.664	.1
5.0	.08716	0.9962	.08749	11.430	85.0
.1	.08889	.9960	.08925	11.205	.9
.2	.09063	.9959	.09101	10.988	.8
.3	.09237	.9957	.09277	10.780	.7
.4	.09411	.9956	.09453	10.579	.6
.5	.09585	.9954	.09629	10.385	.5
.6	.09758	.9952	.09805	10.199	.4
.7	.09932	.9951	.09981	10.019	.3
.8	.10106	.9949	.10158	9.845	.2
.9	.10279	.9947	.10334	9.677	.1
6.0	.10453	0.9945	.10510	9.514	84.0
.1	.10626	.9943	.10687	9.357	.9
.2	.10800	.9942	.10863	9.205	.8
.3	.10973	.9940	.11040	9.058	.7
.4	.11147	.9938	.11217	8.915	.6
.5	.11320	.9936	.11394	8.777	.5
.6	.11494	.9934	.11570	8.643	.4
.7	.11667	.9932	.11747	8.513	.3
.8	.11840	.9930	.11924	8.386	.2
.9	.12014	.9928	.12101	8.264	.1
7.0	.12187	0.9925	.12278	8.144	83.0
.1	.12360	.9923	.12456	8.028	.9
.2	.12533	.9921	.12633	7.916	.8
.3	.12706	.9919	.12810	7.806	.7
.4	.12880	.9917	.12988	7.700	.6
.5	.13053	.9914	.13165	7.596	.5
.6	.13226	.9912	.13343	7.495	.4
.7	.13399	.9910	.13521	7.396	.3
.8	.13572	.9907	.13698	7.300	.2
.9	.13744	.9905	.13876	7.207	.1
	cos	sin	cot	tan	deg

APPX VI-2

deg	sin	cos	tan	cot		deg	sin	cos	tan	cot	
8.0	.13917	0.9903	.14054	7.115	82.0	12.0	0.2079	0.9781	0.2126	4.705	78.0
.1	.14090	.9900	.14232	7.026	.9	.1	.2096	.9778	.2144	4.665	.9
.2	.14263	.9898	.14410	6.940	.8	.2	.2133	.9774	.2162	4.625	.8
.3	.14436	.9895	.14588	6.855	.7	.3	.2130	.9770	.2180	4.586	.7
.4	.14608	.9893	.14767	6.772	.6	.4	.2147	.9767	.2199	4.548	.6
.5	.14781	.9890	.14945	6.691	.5	.5	.2164	.9763	.2217	4.511	.5
.6	.14954	.9888	.15124	6.612	.4	.6	.2181	.9759	.2235	4.474	.4
.7	.15126	.9885	.15302	6.535	.3	.7	.2198	.9755	.2254	4.437	.3
.8	.15299	.9882	.15481	6.460	.2	.8	.2215	.9751	.2272	4.402	.2
.9	.15471	.9880	.15660	6.386	.1	.9	.2233	.9748	.2290	4.366	.1
9.0	.15643	0.9877	.15836	6.314	81.0	13.0	0.2250	0.9744	0.2309	4.331	77.0
.1	.15816	.9874	.16017	6.243	.9	.1	.2267	.9740	.2327	4.297	.9
.2	.15988	.9871	.16196	6.174	.8	.2	.2284	.9736	.2345	4.264	.8
.3	.16160	.9869	.16376	6.107	.7	.3	.2300	.9732	.2364	4.230	.7
.4	.16333	.9866	.16555	6.041	.6	.4	.2317	.9728	.2382	4.198	.6
.5	.16505	.9863	.16734	5.976	.5	.5	.2334	.9724	.2401	4.165	.5
.6	.16677	.9860	.16914	5.912	.4	.6	.2351	.9720	.2419	4.134	.4
.7	.16849	.9857	.17093	5.850	.3	.7	.2368	.9715	.2438	4.102	.3
.8	.17021	.9854	.17273	5.789	.2	.8	.2385	.9711	.2456	4.071	.2
.9	.17193	.9851	.17453	5.730	.1	.9	.2402	.9707	.2475	4.041	.1
10.0	.1736	0.9848	.1763	5.671	80.0	14.0	0.2419	0.9703	0.2493	4.011	76.0
.1	.1754	.9845	.1781	5.614	.9	.1	.2436	.9699	.2512	3.981	.9
.2	.1771	.9842	.1799	5.558	.8	.2	.2453	.9694	.2530	3.952	.8
.3	.1788	.9839	.1817	5.503	.7	.3	.2470	.9680	.2549	3.923	.7
.4	.1805	.9836	.1835	5.449	.6	.4	.2487	.9686	.2568	3.895	.6
.5	.1822	.9833	.1853	5.396	.5	.5	.2504	.9681	.2586	3.867	.5
.6	.1840	.9829	.1871	5.343	.4	.6	.2521	.9677	.2605	3.839	.4
.7	.1857	.9826	.1890	5.292	.3	.7	.2538	.9673	.2623	3.812	.3
.8	.1874	.9823	.1908	5.242	.2	.8	.2554	.9668	.2642	3.785	.2
.9	.1891	.9820	.1926	5.193	.1	.9	.2571	.9664	.2661	3.758	.1
11.0	.1908	0.9816	.1944	5.145	79.0	15.0	0.2588	0.9659	0.2679	3.732	75.0
.1	.1925	.9813	.1962	5.097	.9	.1	.2605	.9655	.2698	3.706	.9
.2	.1942	.9810	.1980	5.050	.8	.2	.2622	.9650	.2717	3.681	.8
.3	.1959	.9806	.1998	5.005	.7	.3	.2639	.9646	.2736	3.655	.7
.4	.1977	.9803	.2016	4.959	.6	.4	.2656	.9641	.2754	3.630	.6
.5	.1994	.9799	.2035	4.915	.5	.5	.2672	.9636	.2773	3.606	.5
.6	.2011	.9796	.2053	4.872	.4	.6	.2689	.9632	.2792	3.582	.4
.7	.2028	.9792	.2071	4.829	.3	.7	.2706	.9627	.2811	3.558	.3
.8	.2045	.9789	.2089	4.787	.2	.8	.2723	.9622	.2830	3.534	.2
.9	.2062	.9785	.2107	4.745	.1	.9	.2740	.9617	.2849	3.511	.1
	cos	sin	cot	tan	deg		cos	sin	cot	tan	deg

APPX VI-6

deg	sin	cos	tan	cot		deg	sin	cos	tan	cot	
16.0	0.2756	0.9613	0.2867	3.487	74.0	20.0	0.3420	0.9397	0.3640	2.747	70.0
.1	.2773	.9608	.2886	3.465	.9	.1	.3437	.9391	.3659	2.733	.9
.2	.2790	.9603	.2905	3.442	.8	.2	.3453	.9385	.3679	2.718	.8
.3	.2807	.9598	.2924	3.420	.7	.3	.3469	.9379	.3699	2.703	.7
.4	.2823	.9593	.2943	3.398	.6	.4	.3486	.9373	.3719	2.689	.6
.5	.2840	.9588	.2962	3.376	.5	.5	.3502	.9367	.3739	2.675	.5
.6	.2857	.9583	.2981	3.354	.4	.6	.3518	.9361	.3759	2.660	.4
.7	.2874	.9578	.3000	3.333	.3	.7	.3535	.9354	.3779	2.646	.3
.8	.2890	.9573	.3019	3.312	.2	.8	.3551	.9348	.3799	2.633	.2
.9	.2907	.9568	.3038	3.291	.1	.9	.3567	.9342	.3819	2.619	.1
17.0	0.2924	0.9563	0.3067	3.271	73.0	21.0	0.3584	0.9336	0.3839	2.605	69.0
.1	.2940	.9558	.3076	3.271	.9	.1	.3600	.9330	.3859	2.592	.9
.2	.2957	.9553	.3096	3.230	.8	.2	.3616	.9323	.3879	2.578	.8
.3	.2974	.9548	.3115	3.211	.7	.3	.3633	.9317	.3899	2.565	.7
.4	.2990	.9542	.3134	3.191	.6	.4	.3649	.9311	.3919	2.552	.6
.5	.3007	.9537	.3153	3.172	.5	.5	.3665	.9304	.3939	2.539	.5
.6	.3024	.9532	.3172	3.152	.4	.6	.3681	.9298	.3959	2.526	.4
.7	.3040	.9527	.3191	3.133	.3	.7	.3697	.9291	.3979	2.513	.3
.8	.3057	.9521	.3211	3.115	.2	.8	.3714	.9285	.4000	2.500	.2
.9	.3074	.9516	.3230	3.096	.1	.9	.3730	.9278	.4020	2.488	.1
18.0	0.3090	0.9511	0.3249	3.078	72.0	22.0	0.3746	0.9272	0.4040	2.475	68.0
.1	.3107	.9505	.3269	3.060	.9	.1	.3762	.9265	.4061	2.463	.9
.2	.3123	.9500	.3288	3.042	.8	.2	.3778	.9259	.4081	2.450	.8
.3	.3140	.9494	.3307	3.024	.7	.3	.3795	.9252	.4101	2.438	.7
.4	.3156	.9489	.3327	3.006	.6	.4	.3811	.9245	.4122	2.426	.6
.5	.3173	.9483	.3346	2.989	.5	.5	.3827	.9239	.4142	2.414	.5
.6	.3190	.9478	.3365	2.971	.4	.6	.3843	.9232	.4163	2.402	.4
.7	.3206	.9472	.3385	2.954	.3	.7	.3859	.9225	.4183	2.391	.3
.8	.3223	.9466	.3404	2.937	.2	.8	.3875	.9219	.4204	2.379	.2
.9	.3239	.9461	.3424	2.921	.1	.9	.3891	.9212	.4224	2.367	.1
19.0	0.3256	0.9455	0.3443	2.904	71.0	23.0	0.3907	0.9205	0.4245	2.356	67.0
.1	.3272	.9449	.3463	2.888	.9	.1	.3923	.9198	.4265	2.344	.9
.2	.3289	.9444	.3482	2.872	.8	.2	.3939	.9191	.4286	2.333	.8
.3	.3305	.9438	.3502	2.856	.7	.3	.3955	.9184	.4307	2.322	.7
.4	.3322	.9432	.3522	2.840	.6	.4	.3971	.9178	.4327	2.311	.6
.5	.3338	.9426	.3541	2.824	.5	.5	.3987	.9171	.4348	2.300	.5
.6	.3355	.9421	.3561	2.808	.4	.6	.4003	.9164	.4369	2.289	.4
.7	.3371	.9415	.3581	2.793	.3	.7	.4019	.9157	.4390	2.278	3
.8	.3387	.9409	.3600	2.778	.2	.8	.4035	.9150	.4411	2.267	.2
.9	.3403	.9403	.3620	2.762	.1	.9	.4051	.9143	.4431	2.257	.1
	cos	sin	cot	tan	deg		cos	sin	cot	tan	deg

APPX.VI-5

deg	sin	cos	tan	cot		deg	sin	cos	tan	cot	
24.0	0.4067	0.9135	0.4452	2.246	66.0	28.0	0.4695	0.8829	0.5317	1.881	62.0
.1	.4083	.9128	.4473	2.236	.9	.1	.4710	.8821	.5340	1.873	.9
.2	.4099	.9121	.4494	2.225	.8	.2	.4726	.8813	.5362	1.865	.8
.3	.4115	.9114	.4515	2.215	.7	.3	.4741	.8805	.5384	1.857	.7
.4	.4131	.9107	.4536	2.204	.6	.4	.4756	.8796	.5407	1.849	.6
.5	.4147	.9100	.4557	2.194	.5	.5	.4772	.8788	.5430	1.842	.5
.6	.4163	.9092	.4578	2.184	.4	.6	.4787	.8780	.5452	1.834	.4
.7	.4179	.9085	.4599	2.174	.3	.7	.4802	.8771	.5475	1.827	.3
.8	.4195	.9078	.4621	2.164	.2	.8	.4818	.8763	.5498	1.819	.2
.9	.4210	.9070	.4642	2.154	.1	.9	.4833	.8755	.5520	1.811	.1
25.0	0.4226	0.9063	0.4663	2.145	65.0	29.0	0.4848	0.8746	0.5543	1.804	61.0
.1	.4242	.9056	.4684	2.135	.9	.1	.4863	.8738	.5566	1.797	.9
.2	.4258	.9048	.4706	2.125	.8	.2	.4879	.8729	.5589	1.789	.8
.3	.4274	.9041	.4727	2.116	.7	.3	.4894	.8721	.5612	1.782	.7
.4	.4289	.9033	.4748	2.106	.6	.4	.4909	.8712	.5635	1.775	.6
.5	.4305	.9028	.4770	2.097	.5	.5	.4924	.8704	.5658	1.767	.5
.6	.4321	.9018	.4791	2.087	.4	.6	.4939	.8695	.5681	1.760	.4
.7	.4337	.9011	.4813	2.078	.3	.7	.4955	.8686	.5704	1.753	.3
.8	.4352	.9003	.4834	2.069	.2	.8	.4970	.8678	.5726	1.746	.2
.9	.4368	.8996	.4856	2.059	.1	.9	.4985	.8669	.5750	1.739	.1
26.0	0.4384	0.8988	0.4877	2.050	64.0	30.0	0.5000	0.8660	0.5774	1.7321	60.0
.1	.4399	.8980	.4899	2.041	.9	.1	.5015	.8652	.5797	1.7251	.9
.2	.4415	.8973	.4921	2.032	.8	.2	.5030	.8643	.5820	1.7162	.8
.3	.4431	.8965	.4942	2.023	.7	.3	.5045	.8634	.5844	1.7113	.7
.4	.4446	.8957	.4964	2.014	.6	.4	.5040	.8625	.5867	1.7045	.6
.5	.4462	.8949	.4986	2.006	.5	.5	.5075	.8616	.5890	1.6977	.5
.6	.4478	.8942	.5008	1.997	.4	.6	.5090	.8607	.5914	1.6909	.4
.7	.4493	.8934	.5029	1.988	.3	.7	.5105	.8599	.5938	1.6842	.3
.8	.4509	.8926	.5051	1.980	.2	.8	.5120	.8590	.5961	1.6715	.2
.9	.4524	.8918	.5073	1.971	.1	.9	.5135	.8581	.5985	1.6709	.1
27.0	0.4540	0.8910	0.5095	1.963	63.0	31.0	0.5150	0.8572	0.6009	1.6643	59.0
.1	.4555	.8902	.5117	1.954	.9	.1	.5165	.8643	.6032	1.6577	.9
.2	.4571	.8894	.5139	1.946	.8	.2	.5180	.8554	.6056	1.6512	.8
.3	.4586	.8886	.5161	1.937	.7	.3	.5195	.8545	.6080	1.6447	.7
.4	.4602	.8878	.5184	1.929	.6	.4	.5210	.8536	.6104	1.6383	.6
.5	.4617	.8870	.5206	1.921	.5	.5	.5225	.8526	.6128	1.6319	.5
.6	.4633	.8862	.5228	1.913	.4	.6	.5240	.8517	.6152	1.6255	.4
.7	.4648	.8854	.5250	1.905	.3	.7	.5255	.8508	.6176	1.6191	.3
.8	.4664	.8846	.5272	1.897	.2	.8	.5270	.8499	.6200	1.6128	.2
.9	.4679	.8838	.5295	1.889	.1	.9	.5284	.8490	.6224	1.6066	.1
	cos	sin	cot	tan	deg		cos	sin	cot	tan	deg

APPX.VI-4

deg	sin	cos	tan	cot		deg	sin	cos	tan	cot	
32.0	0.5299	0.8480	0.6249	1.6003	58.0	36.0	.05878	0.8090	0.7265	1.3764	54.0
.1	.5314	.8471	.6273	1.5941	.9	.1	.5892	.8080	.7292	1.3713	.9
.2	.5329	.8462	.6297	1.5880	.8	.2	.5906	.8070	.7319	1.3663	.8
.3	.5344	.8453	.6322	1.5818	.7	.3	.5920	.8059	.7346	1.3613	.7
.4	.5358	.8443	.6346	1.5757	.6	.4	.5934	.8049	.7373	1.3564	.6
.5	.5373	.8434	.6371	1.5697	.5	.5	.5948	.8039	.7400	1.3514	.5
.6	.5388	.8425	.6395	1.5637	.4	.6	.5962	.8028	7427	1.3465	.4
.7	.5402	.8415	.6420	1.5577	.3	.7	.5976	.8018	.7454	1.3416	.3
.8	.5417	.8406	.6445	1.5517	.2	.8	.5990	.8007	.7481	1.3367	.2
.9	.5432	.8396	.6469	1.5458	.1	.9	.6004	.7997	.7508	1.3319	.1
33.0	0.5446	0.8387	0.6494	1.5399	57.0	37.0	0.6018	0.7986	0.7536	1.3270	53.0
.1	.5461	.8377	.6519	1.5340	.9	.1	.6032	.7976	.7563	1.3222	.9
.2	.5476	.8368	.6544	1.5282	.8	.2	.6046	.7965	.7590	1.3175	.8
.3	.5490	.8358	.6569	1.5224	.7	.3	.6060	.7955	.7518	1.3127	.7
.4	.5505	.8348	.6594	1.5166	.6	.4	.6074	.7944	.7646	1.3079	.6
.5	.5519	.8339	.6619	1.5108	.5	.5	.6088	.7934	.7673	1.3032	.5
.6	.5534	.8329	.6644	1.5051	.4	.6	.6101	.7923	.7701	1.2985	.4
.7	.5548	.8320	.6669	1.4994	.3	.7	.6115	.7912	.7729	1.2938	.3
.8	.5563	.8310	.6694	1.4938	.2	.8	.6129	.7902	.7757	1.2892	.2
.9	.5577	.8300	.6720	1.4882	.1	.9	.6143	.7891	.7785	1.2846	.1
34.0	0.5592	0.8290	0.6745	1.4826	56.0	38.0	0.6157	0.7880	0.7813	1.2799	52.0
.1	.5606	.8281	.6771	1.4770	.9	.1	.6170	.7869	.7841	1.2753	.9
.2	.5621	.8271	.6796	1.4715	.8	.2	.6184	.7859	.7869	1.2708	.8
.3	.5635	.8261	.6822	1.4659	.7	.3	.6198	.7848	.7898	1.2662	.7
.4	.5650	.8251	.6847	1.4605	.6	.4	.6211	.7837	.7926	1.2617	.6
.5	.5664	.8241	.6873	1.4550	.5	.5	.6225	.7826	.7954	1.2572	.5
.6	.5678	.8231	.6899	1.4496	.4	.6	.6239	.7815	.7983	1.2527	.4
.7	.5693	.8221	.6924	1.4442	.3	.7	.6252	.7804	.8012	1.2482	.3
.8	.5707	.8211	.6950	1.4388	.2	.8	.6266	.7793	.8040	1.2437	.2
.9	.5721	.8202	.6976	1.4335	.1	.9	.6280	.7782	.8069	1.2393	.1
35.0	0.5736	0.8192	0.7002	1.4281	55.0	39.0	0.6293	0.7771	0.8098	1.2349	51.0
.1	.5750	.8181	.7028	1.4229	.9	.1	.6307	.7760	.8127	1.2305	.9
.2	.5764	.8171	.7054	1.4176	.8	.2	.6320	.7749	.8156	1.2261	.8
.3	.5779	.8161	.7080	1.4124	.7	.3	.6334	.7738	.8185	1.2218	.7
.4	.5793	.8151	.7107	1.4071	.6	.4	.6347	.7727	.8214	1.2174	.6
.5	.5807	.8141	.7133	1.4019	.5	.5	.6361	.7716	.8243	1.2131	.5
.6	.5821	.8131	.7159	1.3968	.4	.6	.6374	.7705	.8273	1.2088	.4
.7	.5835	.8121	.7186	1.3916	.3	.7	.6388	.7694	.8302	1.2045	.3
.8	.5850	.8111	.7212	1.3865	.2	.8	.6401	.7683	.8332	1.2002	.2
.9	.5864	.8100	.7239	1.3814	.1	.9	.6414	.7672	.8361	1.1960	.1
	cos	sin	cot	tan	deg		cos	sin	cot	tan	deg

APPX. VI-3

deg	sin	cos	tan	cot		deg	sin	cos	tan	cot	
40.0	0.6428	0.7660	0.8291	1.1918	50.0	43.0	0.6820	0.7314	0.9325	1.0724	47.0
.1	.6441	.7649	.8421	1.1875	.9	.1	.6833	.7302	.9358	1.0686	.9
.2	.6455	.7638	.8451	1.1833	.8	.2	.6845	.7290	.9391	1.0649	.8
.3	.6468	.7627	.8481	1.1792	.7	.3	.6858	.7278	.9424	1.0612	.7
.4	.6481	.7615	.8511	1.1750	.6	.4	.6871	.7266	.9457	1.0575	.6
.5	0.6494	0.7604	0.8541	1.1708	.5	.5	.6884	.7254	.9490	1.0538	.5
.6	.6508	.7593	.8571	1.1667	.4	.6	.6896	.7242	.9523	1.0501	.4
.7	.6521	.7581	.8601	1.1626	.3	.7	.6909	.7230	.9556	1.0464	.3
.8	.6534	.7570	.8632	1.1585	.2	.8	.6921	.7218	.9590	1.0428	.2
.9	.6547	.7559	.8662	1.1544	.1	.9	.6934	.7206	.9623	1.0392	.1
41.0	0.6561	0.7547	0.8693	1.1504	49.0	44.0	0.6947	0.7193	0.9657	1.0355	46.0
.1	.6574	.7536	.8724	1.1463	.9	.1	.6959	.7181	.9691	1.0319	.9
.2	.6587	.7524	.8754	1.1423	.8	.2	.6972	.7169	.9725	1.0283	.8
.3	.6600	.7513	.8785	1.1383	.7	.3	.6984	.7157	.9759	1.0247	.7
.4	.6613	.7501	.8816	1.1343	.6	.4	.6997	.7145	.9793	1.0212	.6
.5	.6626	.7490	.8847	1.1303	.5	.5	.7009	.7133	.9827	1.0176	.5
.6	.6639	.7478	.8878	1.1263	.4	.6	.7022	.7120	.9861	1.0141	.4
.7	.6652	.7466	.8910	1.1224	.3	.7	.7034	.7108	.9896	1.0105	.3
.8	.6665	.7455	.8941	1.1184	.2	.8	.7046	.7096	.9930	1.0070	.2
.9	.6678	.7443	.8972	1.1145	.1	.9	.7059	.7083	.9965	1.0035	.1
42.0	0.6691	0.7431	0.9004	1.1106	48.0	45.0	0.7071	0.7071	1.0000	1.0000	45.0
.1	.6704	.7420	.9036	1.1067	.9						
.2	.6717	.7408	.9067	1.1028	.8						
.3	.6730	.7396	.9099	1.0990	.7						
.4	.6743	.7385	.9131	1.0951	.6						
.5	.6756	.7373	.9163	1.0913	.5						
.6	.6769	.7361	.9195	1.0875	.4						
.7	.6782	.7349	.9228	1.0837	.3						
.8	.6794	.7337	.9260	1.0799	.2						
.9	.6807	.7325	.9293	1.0761	.1						
	cos	sin	cot	tan	deg		cos	sin	cot	tan	deg

APPX VI-1

c. Rangkuman

Bagian bab ini dimulai dengan definisi dasar dari gambar geometris.

Penjelasan dalam terminologi dan konstruksi dari gambar dua dimensi seperti garis, titik, sudut, segitiga, segiempat, dan poligon membentuk dasar untuk memahami lebih lanjut konstruksi geometris dari *polihedron* dan padatan.

Pembelahan atau pembagian menjadi dua bagian sama besar (*bisection*), pembagian (*division*) , pemindahan (*transference*), dan persinggungan (*tangency*) adalah semua teknik pemecahan masalah yang membantu Anda dalam situasi perancangan lanjut.

Teknik mengonstruksi segi-banyak atau poligon, elips, dan spiral akan membantu untuk menyederhanakan konstruksi gambar geometrik .

Komentar

Konstruksi geometris adalah semua tentang definisi . Jika Anda tidak tahu definisi dalam bab ini , pelajari bab ini dengan seksama dan memahami terminologi sebelum Anda melanjutkan ke bab lain .

Setelah melewati definisi, maka konstruksi aktual dari gambar geometris secara sederhana, secara logis, dan secara matematis dapat dipecahkan.

Konstruksi gambar geometrik melatih kemampuan Anda untuk menyelesaikan masalah secara mental dan secara fisik menggunakan instrumen gambar untuk menarik solusi pada masalah di atas kertas dalam bahasa grafis yang dipahami secara universal.

Konstruksi geometris adalah konsep yang sama-sama berlaku apakah Anda menggambar dengan pensil di atas kertas atau duduk menggambar dengan komputer pada sebuah layar monitor

d. Tugas

Buatlah konstruksi geometris berikut menggunakan alat gambar yang disebutkan.

1. Menggunakan jangka untuk membuat sudut 30^0
2. Menggunakan jangka untuk membuat sudut 45^0
3. Menggunakan jangka untuk membuat sudut 60^0
4. Menggunakan jangka untuk membuat sudut 90^0

5. Mengonstruksi segitiga sama sisi menggunakan jangka dan mistar
6. Mengonstruksi segitiga sama sisi dengan metode terkurung (*circumscribed method*)
7. Mengonstruksi bujur-sangkar dengan metode terkurung (*circumscribed method*) pada lingkaran ber jari-jari 40 mm
8. Mengonstruksi bujur-sangkar dengan metode tertulis (*inscribed method*) pada lingkaran berdiameter 100 mm
9. Mengonstruksi pentagon menggunakan jangka dan mistar tepi lurus (*straightedge*) pada lingkaran berdiameter 120 mm
10. Mengonstruksi elips menggunakan metode titik fokus, jika ditentukan panjang sumbu major 120 mm dan sumbu minor 80mm

e. Tes Formatif

Pilihlah Jawaban yang Paling Tepat

1-1. How should you represent a point on paper?

(1) Intersecting lines
(2) Short cross hairs
(3) Short cross bars
(4) All of the above

1-2. What term refers to lines that remain equidistant along their entire length?

(1) Parallel
(2) Perpendicular
(3) Angular
(4) Rectilinear

1-3. Which of the following degrees of angularity indicates that the angle is obtuse?

(1) 105°
(2) 90°
(3) 88°
(4) 45°

1-4. Which of the following pairs of angles are supplementary?

(1) 45 and 45
(2) 45 and 135
(3) 65 and 100
(4) 65 and 25

1-5. What is the term for an angle with less than 90 degrees of angularity?

(1) Straight
(2) Obtuse
(3) Acute
(4) Right

1-6. What term may you correctly apply to lines that bisect isosceles triangles perpendicular to the base dividing the vertex into equal halves?

(1) Side
(2) Perpendicular
(3) Scalene
(4) Hypotenuse

1-7. Altitude refers to what part of a triangle?

(1) Its sides
(2) Its base
(3) Its height
(4) Its hypotenuse

1-8. What is the third degree of angularity for a triangle with a vertex of 88 degrees and base angle of 45 degrees?

(1) 18°
(2) 45°
(3) 23°
(4) 47°

1-9. What type of triangle would have a vertex of 88 and a base angle of 45 degrees?

(1) Equilateral
(2) Isosceles
(3) Scalene
(4) Equiangular

1-10. What is the degree of angularity of the vertex in an equilateral triangle?

(1) 60°
(2) 45°
(3) 30°
(4) 90°

1-11. What is the degree of angularity for the angle opposing the hypotenuse of a right triangle?

(1) 90°
(2) 60°
(3) 45°
(4) 30°

1-12. What is the degree of angularity at the vertex for an isosceles triangle with base angles of 45 degrees?

(1) 90°
(2) 60°
(3) 45°
(4) 30°

1-13. Which of the following shapes is a quadrilateral with equal opposing sides and equal opposing angles?

(1) Trapezoid
(2) Square
(3) Rectangle
(4) Rhomboid

1-14. Which of the following geometric shapes is a quadrilateral but not a parallelogram?

(1) Rhomboid
(2) Trapezium
(3) Square
(4) Rectangle

1-15. What is the term for a rectilinear geometric shape that contains no equal sides or angles and no parallel sides?

(1) Trapezium
(2) Trapezoid
(3) Ellipse
(4) Circle

1-16. Which of the following geometric shapes is also a regular polygon?

(1) Nonagon
(2) Dodecagon
(3) Equilateral triangle
(4) Rectangle

1-17. How many sides does a heptagon contain?

(1) 7
(2) 6
(3) 5
(4) 4

1-18. What is the name of a lo-sided polygon?

(1) Pentagon
(2) Dodecagon
(3) Decagon
(4) Nonagon

1-19. What is the length of the radii in a circle with a diameter of 60 mm?

(1) 10mm
(2) 60mm
(3) 30mm
(4) 45mm

1-20. The portion of a circle between two given radii at 36 degrees angularity, including the bound portion of the circumference, is known by what term?

(1) Sectors
(2) Secants
(3) Chords
(4) Arcs

1-21. What term refers to multiple circles that do not share a common center?

(1) Inscribed
(2) Concentric
(3) Circumscribed
(4) Eccentric

1-22. A line of infinite length tangent to the inner most circle in a nest of four concentric circles has what relationship to the remaining three circles?

(1) It is a chord
(2) It is a secant
(3) It is a sector
(4) It is a diameter

1-23. An arc is a part of the curved segment of a circle bound by but not including two radii.

(1) True
(2) False

1-24. The Spiral of Archimedes is created by uniformly increasing or decreasing the distance from the center of what geometric element?

(1) Letters
(2) Radii
(3) Points
(4) Locus

1-25. What term refers to the plane surfaces of polyhedra?

(1) Sides
(2) Faces
(3) Triangles
(4) Cubes

1-26. What is a parallelepiped?

(1) A prism with three parallel lateral faces, oblique truncated bases, and oblique altitudes
(2) A solid with opposing bases, one lateral face, and one oblique face
(3) A solid with bases composed of equal parallelogram-shaped regular polygons and three or more parallel lateral faces
(4) A prism with oblique hexagonal bases

1-27. A generatrix of a right circular cylinder is equal in length to what other cylindrical component?

(1) The base
(2) The directrix
(3) The helix
(4) The altitude

1-28. What is the difference between a truncated pyramid and a frustum?

(1) The truncated pyramid is oblique and the frustum is parallel to the base
(2) The truncated pyramid is parallel and the frustum is oblique to the base
(3) The truncated pyramid does not have a vertex and the frustum does
(4) The truncated pyramid has an oblique altitude and the altitude of a frustum is perpendicular

1-29. What is the definition of a parabola?

(1) The intersection of a cone at a lesser angle than the element
(2) The intersection of a cone parallel to the element and oblique to the axis
(3) The intersection of a cone oblique to both the axis and element
(4) The intersection of a cone perpendicular to the axis

1-30. When you bisect a circular arc, to what distance should you set the compass?

(1) Exactly one half the length of the arc
(2) Twice the length of the arc
(3) Greater than one half the length of the arc
(4) Less than one half the length of the arc

1-31. When you bisect an angle, where should you draw the bisecting line?

(1) Through the angle
(2) Through the apex of the angle to the intersecting arcs
(3) Perpendicular to one leg of the angle
(4) At equal distance from the radius arcs

1-32. When dividing any given line into equal or proportional parts, what part of the scale should you place at the beginning of the given line?

(1) The estimated length of the given line
(2) The 1 inch mark
(3) The first fully divided increment on the scale

(4) The 0 on the scale

1-33. When drawing a circle tangent to a line at a particular point, what measurement should you lay off at that particular point?

(1) The locus
(2) The diameter of the circle
(3) The estimated size of the circle
(4) The radius of the circle

1-34. What method should you use to draw small radii arcs less than 5/8th inch by tangency construction?

(1) Compass
(2) Transference
(3) Circle templates
(4) Freehand

1-35. What term refers to taking measurements from the horizontal diameter of the circle while using the circumscribed method of polygonal construction?

(1) Across the planes
(2) Across the flats
(3) Across the diameters
(4) Across the corners

1-36. Drawing geometric figures around a circle is known as what method of polygonal construction?

(1) Transcribed
(2) Circumscribed
(3) Inscribed
(4) Prescribed

1-37. What drawing tool should you use in the preferred method of triangle construction?

(1) Proportional scales
(2) Triangles
(3) Straightedges
(4) Ames instrument

1-38. What drawing tool should you use to draw a triangle with a base angle of 40 degrees?

(1) A triangle
(2) A proportional scale
(3) A protractor
(4) An ames instrument

1-39. When constructing a square using the circumscribed method, to what is the diameter of the circle equal?

(1) The distance across the corners
(2) The sum of two isosceles triangles
(3) The area of a circle
(4) The distance across the flats

1-40. To construct an octagon using the circumscribed method of construction, you should take what action first?

(1) Draw a square
(2) Draw a circle
(3) Draw diagonals
(4) Draw intersecting horizontal and vertical lines

1-41. When constructing a square using the circumscribed method, from where are the sides of the square drawn?

(1) The points where the diameters intersect the circle
(2) The point where the compass intersects the paper
(3) Around the outside of the circle
(4) Anywhere a square can be drawn

1-42. Where you are using the inscribed method of constructing a square, where should you locate the circle?

(1) Outside the square
(2) Inside the square
(3) Adjacent to the square
(4) On top of the square

1-43. When you use a set of dividers to construct a pentagon, how is the circumference of a given circle divided?

(1) With a scale
(2) With a protractor
(3) By trial and error
(4) With mathematical computations

1-44. What polygon can you construct using only a combination of 30/60/90- and 45-degree triangles?

(1) Nonagons
(2) Octagons
(3) Decagons
(4) Dodecagons

1-45. To construct a hexagon using either of the preferred methods, you should use what type of triangle?

(1) 45 degree
(2) 30/60/90 degree
(3) Adjustable
(4) A transparent triangle

1-46. What is the common degree of angularity in a nonagon?

(1) 10°
(2) 20°
(3) 30°
(4) 40°

1-47. What is the common degree of angularity in a heptagon?

(1) 35.6°
(2) 21.7°
(3) 51.3°
(4) 40.2°

1-48. If the minor axis of an ellipse is 40mm, what must be the major axis?

(1) 60mm
(2) 30mm
(3) 35mm
(4) 40mm

1-49. One method of determining the foci of an ellipse is to use the diameter of a semicircle equal to the major axis of the ellipse.

(1) True
(2) False

1-50. Using the foci method of ellipse construction, you should plot what minimum number of points along the axis to increase accuracy?

(1) 5
(2) 2
(3) 3
(4) 4

1-51. What are the foci of an ellipse?

(1) A series of intersecting arcs
(2) A series of points along a circumference
(3) Two points on the major axis
(4) Two points on the minor axis

1-52. When you use the foci method of constructing an ellipse, what is your second step?

(1) Locating the axes
(2) Locating the center
(3) Locating the foci
(4) Locating the measurement of one half the major axis

1-53. Refer to figure 2-47 in the TRAMAN. To plot the second set of points on the circumference of an ellipse, where do you position the compass?

(1) Point A2
(2) Point B2
(3) Points CB2 and DB2
(4) Points F and F1

1-54. What drawing tool should you use to plot a series of points to construct an ellipse?

(1) A straightedge
(2) A scale
(3) A protractor
(4) A trammel

1-55. The diameters of the concentric circles represent what element of an ellipse?

(1) The circumference
(2) The foci
(3) The trammel
(4) The major and minor axes

1-56. Using the conjugate diameter method of ellipse construction, the initial two lines drawn are the diameters of the concentric circles perpendicular to each other.

(1) True
(2) False

1-57. When you are using the parallelogram method of ellipse construction, what is true of the sides of the parallelogram?

(1) The sides must be perpendicular
(2) The sides must be parallel
(3) The sides must be tangent
(4) The sides must be equal

f. Kunci Jawaban

1-1. How should you represent a point on paper?

(1) Intersecting lines
(2) Short cross hairs
(3) Short cross bars
(4) All of the above

1-2. What term refers to lines that remain equidistant along their entire length?

(1) Parallel
(2) Perpendicular
(3) Angular
(4) Rectilinear

1-3. Which of the following degrees of angularity indicates that the angle is obtuse?

(1) 105°
(2) 90°
(3) 88°
(4) 45°

1-4. Which of the following pairs of angles are supplementary?

(1) 45 and 45
(2) 45 and 135
(3) 65 and 100
(4) 65 and 25

1-5. What is the term for an angle with less than 90 degrees of angularity?

(1) Straight
(2) Obtuse
(3) Acute
(4) Right

1-6. What term may you correctly apply to lines that bisect isosceles triangles perpendicular to the base dividing the vertex into equal halves?

(1) Side
(2) Perpendicular
(3) Scalene
(4) Hypotenuse

1-7. Altitude refers to what part of a triangle?

(1) Its sides
(2) Its base
(3) Its height
(4) Its hypotenuse

1-8. What is the third degree of angularity for a triangle with a vertex of 88 degrees and base angle of 45 degrees?

(1) 18°
(2) 45°
(3) 23°
(4) 47°

1-9. What type of triangle would have a vertex of 88 and a base angle of 45 degrees?

(1) Equilateral
(2) Isosceles
(3) Scalene
(4) Equiangular

1-10. What is the degree of angularity of the vertex in an equilateral triangle?

(1) 60°
(2) 45°
(3) 30°
(4) 90°

1-11. What is the degree of angularity for the angle opposing the hypotenuse of a right triangle?

(1) 90°
(2) 60°
(3) 45°
(4) 30°

1-12. What is the degree of angularity at the vertex for an isosceles triangle with base angles of 45 degrees?

(1) 90°
(2) 60°
(3) 45°
(4) 30°

1-13. Which of the following shapes is a quadrilateral with equal opposing sides and equal opposing angles?

(1) Trapezoid
(2) Square

(3) Rectangle
(4) Rhomboid

1-14. Which of the following geometric shapes is a quadrilateral but not a parallelogram?

(1) Rhomboid
(2) Trapezium
(3) Square
(4) Rectangle

1-15. What is the term for a rectilinear geometric shape that contains no equal sides or angles and no parallel sides?

(1) Trapezium
(2) Trapezoid
(3) Ellipse
(4) Circle

1-16. Which of the following geometric shapes is also a regular polygon?

(1) Nonagon
(2) Dodecagon
(3) Equilateral triangle
(4) Rectangle

1-17. How many sides does a heptagon contain?

(1) 7
(2) 6
(3) 5
(4) 4

1-18. What is the name of a lo-sided polygon?

(1) Pentagon
(2) Dodecagon
(3) Decagon
(4) Nonagon

1-19. What is the length of the radii in a circle with a diameter of 60 mm?

(1) 10mm

(2) 60mm
(3) 30mm
(4) 45mm

1-20. The portion of a circle between two given radii at 36 degrees angularity, including the bound portion of the circumference, is known by what term?

(1) Sectors
(2) Secants
(3) Chords
(4) Arcs

1-21. What term refers to multiple circles that do not share a common center?

(5) Inscribed
(6) Concentric
(7) Circumscribed
(8) Eccentric

1-22. A line of infinite length tangent to the inner most circle in a nest of four concentric circles has what relationship to the remaining three circles?

(5) It is a chord
(6) It is a secant
(7) It is a sector
(8) It is a diameter

1-23. An arc is a part of the curved segment of a circle bound by but not including two radii.

(3) True
(4) False

1-24. The Spiral of Archimedes is created by uniformly increasing or decreasing the distance from the center of what geometric element?

(5) Letters
(6) Radii
(7) Points
(8) Locus

1-25. What term refers to the plane surfaces of polyhedra?

(5) Sides
(6) Faces
(7) Triangles
(8) Cubes

1-26. What is a parallelepiped?

(5) A prism with three parallel lateral faces, oblique truncated bases, and oblique altitudes
(6) A solid with opposing bases, one lateral face, and one oblique face
(7) A solid with bases composed of equal parallelogram-shaped regular polygons and three or more parallel lateral faces
(8) A prism with oblique hexagonal bases

1-27. A generatrix of a right circular cylinder is equal in length to what other cylindrical component?

(5) The base
(6) The directrix
(7) The helix
(8) The altitude

1-28. What is the difference between a truncated pyramid and a frustum?

(5) The truncated pyramid is oblique and the frustum is parallel to the base
(6) The truncated pyramid is parallel and the frustum is oblique to the base
(7) The truncated pyramid does not have a vertex and the frustum does
(8) The truncated pyramid has an oblique altitude and the altitude of a frustum is perpendicular

1-29. What is the definition of a parabola?

(5) The intersection of a cone at a lesser angle than the element
(6) The intersection of a cone parallel to the element and oblique to the axis
(7) The intersection of a cone oblique to both the axis and element
(8) The intersection of a cone perpendicular to the axis

1-30. When you bisect a circular arc, to what distance should you set the compass?

(5) Exactly one half the length of the arc
(6) Twice the length of the arc
(7) Greater than one half the length of the arc
(8) Less than one half the length of the arc

1-31. When you bisect an angle, where should you draw the bisecting line?

(5) Through the angle
(6) Through the apex of the angle to the intersecting arcs
(7) Perpendicular to one leg of the angle
(8) At equal distance from the radius arcs

1-32. When dividing any given line into equal or proportional parts, what part of the scale should you place at the beginning of the given line?

(5) The estimated length of the given line
(6) The 1 inch mark
(7) The first fully divided increment on the scale
(8) The 0 on the scale

1-33. When drawing a circle tangent to a line at a particular point, what measurement should you lay off at that particular point?

(5) The locus
(6) The diameter of the circle
(7) The estimated size of the circle
(8) The radius of the circle

1-34. What method should you use to draw small radii arcs less than 5/8th inch by tangency construction?

(5) Compass
(6) Transference
(7) Circle templates
(8) Freehand

1-35. What term refers to taking measurements from the horizontal diameter of the circle while using the circumscribed method of polygonal construction?

(5) Across the planes
(6) Across the flats
(7) Across the diameters
(8) Across the corners

1-36. Drawing geometric figures around a circle is known as what method of polygonal construction?

(5) Transcribed
(6) Circumscribed
(7) Inscribed
(8) Prescribed

1-37. What drawing tool should you use in the preferred method of triangle construction?

(5) Proportional scales
(6) Triangles
(7) Straightedges
(8) Ames instrument

1-38. What drawing tool should you use to draw a triangle with a base angle of 40 degrees?

(5) A triangle
(6) A proportional scale
(7) A protractor
(8) An ames instrument

1-39. When constructing a square using the circumscribed method, to what is the diameter of the circle equal?

(5) The distance across the corners
(6) The sum of two isosceles triangles
(7) The area of a circle
(8) The distance across the flats

1-40. To construct an octagon using the circumscribed method of construction, you should take what action first?

(5) Draw a square
(6) Draw a circle
(7) Draw diagonals
(8) Draw intersecting horizontal and vertical lines

1-41. When constructing a square using the circumscribed method, from where are the sides of the square drawn?

(5) The points where the diameters intersect the circle
(6) The point where the compass intersects the paper
(7) Around the outside of the circle

(8) Anywhere a square can be drawn

1-42. Where you are using the inscribed method of constructing a square, where should you locate the circle?

(5) Outside the square
(6) Inside the square
(7) Adjacent to the square
(8) On top of the square

1-43. When you use a set of dividers to construct a pentagon, how is the circumference of a given circle divided?

(5) With a scale
(6) With a protractor
(7) By trial and error
(8) With mathematical computations

1-44. What polygon can you construct using only a combination of 30/60/90- and 45-degree triangles?

(5) Nonagons
(6) Octagons
(7) Decagons
(8) Dodecagons

1-45. To construct a hexagon using either of the preferred methods, you should use what type of triangle?

(5) 45 degree
(6) 30/60/90 degree
(7) Adjustable
(8) A transparent triangle

1-46. What is the common degree of angularity in a nonagon?

(5) 10°
(6) 20°
(7) 30°
(8) 40°

1-47. What is the common degree of angularity in a heptagon?

(5) 35.6°
(6) 21.7°
(7) 51.3°
(8) 40.2°

1-48. If the minor axis of an ellipse is 40mm, what must be the major axis?

(5) 60mm
(6) 30mm
(7) 35mm
(8) 40mm

1-49. One method of determining the foci of an ellipse is to use the diameter of a semicircle equal to the major axis of the ellipse.

(3) True
(4) False

1-50. Using the foci method of ellipse construction, you should plot what minimum number of points along the axis to increase accuracy?

(5) 5
(6) 2
(7) 3
(8) 4

1-51. What are the foci of an ellipse?

(5) A series of intersecting arcs
(6) A series of points along a circumference
(7) Two points on the major axis
(8) Two points on the minor axis

1-52. When you use the foci method of constructing an ellipse, what is your second step?

(5) Locating the axes
(6) Locating the center
(7) Locating the foci
(8) Locating the measurement of one half the major axis

1-53. Refer to figure 2-47 in the TRAMAN. To plot the second set of points on the circumference of an ellipse, where do you position the compass?

(5) Point A2
(6) Point B2
(7) Points CB2 and DB2
(8) Points F and F1

1-54. What drawing tool should you use to plot a series of points to construct an ellipse?

(5) A straightedge
(6) A scale
(7) A protractor
(8) A trammel

1-55. The diameters of the concentric circles represent what element of an ellipse?

(5) The circumference
(6) The foci
(7) The trammel
(8) The major and minor axes

1-56. Using the conjugate diameter method of ellipse construction, the initial two lines drawn are the diameters of the concentric circles perpendicular to each other.

(3) True
(4) False

1-57. When you are using the parallelogram method of ellipse construction, what is true of the sides of the parallelogram?

(5) The sides must be perpendicular
(6) The sides must be parallel
(7) The sides must be tangent
(8) The sides must be equal

g. Lembar Kerja

2. Kegiatan Belajar 2. COMPUTER AIDED DESIGN (CAD)

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai membaca dan memahami bab ini, diharapkan siswa mampu menjawab tujuan pembelajaran berikut:

(1) Menjelaskan maksud menggambar dengan CAD
(2) Menjelaskan piranti lunak (*software*) yang diperlukan untuk menggambar menggunakan CAD
(3) Menjelaskan perangkat keras (*hardware*) yang diperlukan untuk bisa menggambar dengan CAD.
(4) Menggunakan instruksi yang tersedia untuk membuat elemen dasar gambar seperti: titik, berbagai jenis garis, berbagai bentuk geometri dasar (sudut, segitiga, lingkaran, elips, dan sebagainya).
(5) Menggunakan fasilitas yang ada pada CAD untuk menggambar bentuk dua dimensi
(6) Menggunakan fasilitas yang ada pada CAD untuk menggambar bentuk tiga dimensi

b. Uraian Materi

1. Computer Aided Design (CAD)

1.1 Pengertian CAD

CAD dalam keteknikan artinya mendesain menggunakan sistem grafis komputer untuk membuat desain mekanis (mesin/komponen mesin), rangkaian elektronik, dan arsitektur/teknik sipil. Pada umumnya CAD dikenal pula sebagai metode menggambar komponen atau lainnya dengan bantuan software komputer, misal AutoCAD Release 2000, RoboCAD, Master Engineering, dan lain-lain. Perusahaan atau industri menggunakan CAD untuk mendesain produk yang dihasilkan. Penguasaan CAD penting dalam dunia teknik dan seorang yang ahli CAD banyak dibutuhkan dalam dunia industri karena teknologi CAD menjadi dasar untuk beragam kegiatan keteknikan seperti gambar, desain, analisis, dan proses manufaktur. Karena dikerjakan dengan bantuan komputer, suatu desain atau gambar dapat dianalisis, direvisi, dan dimodifikasi dengan lebih mudah.





(a) (b)

Gambar 1. Produk gambar CAD 2D (a) dan gambar 3D (b)

Pada prinsipnya kita memerlukan software dan hardware ketika bekerja dengan CAD. Software CAD adalah paket program yang menyediakan fasilitas-fasilitas untuk mendesain, sedangkan hardware adalah perangkat yang diperlukan untuk menjalankan software tersebut. Hardware bisa terdiri dari: CPU, monitor, keyboard, mouse, tablet , plotter , dan lain-lain. Sof tware CAD tersedia banyak di pasaran, salah satunya adalah AutoCAD.

Gambar CAD merupakan suatu representasi grafis dari sebuah data geometri komponen atau objek yang disimpan dalam file gambar. Database gambar umumnya berisi daftar lengkap entitas (garis, busur, dan lain-lain) dan informasi koordinat yang diperlukan untuk membuat gambar CAD, dan informasi tambahan yang diperlukan untuk menentukan permukaan solid dan sifat-sifat lain. Format data dalam gambar biasanya berbeda menurut program yang digunakan dan tidak dapat dipertukarkan secara langsung.

1.2 Cara Kerja

Seperti halnya bekerja dengan software lainnya, CAD memerlukan masukan atau input untuk bekerja. Input tersebut dapat berupa pilihan (option), data, dan perintah. Masukan yang diberikan akan direspon oleh CAD dengan jalan mengeluarkan output yang nampak di bidang gambar atau dalam bentuk permintaan untuk memberikan masukan lagi. Dengan demikian, salah satu keberhasilan dalam mengoperasionalkan CAD dengan memperhatikan komunikasi tersebut.

1.3 Sistem Koordinat Absolut, Relatif, Polar

Koordinat adalah cara untuk menentukan posisi pada suatu ruang. Posisi tersebut ditunjukkan dengan angka-angka yang merupakan posisi terhadap suatu sumbu.

Koordinat merupakan faktor penting dalam CAD. Untuk menentukan setiap posisi di bidang gambar, CAD memerlukan titik koordinat. Sebaliknya, setiap objek yang ada di bidang gambar akan mempunyai data koordinat tertentu. Ada 3 sistem koordinat yang bisa digunakan yaitu: sistem koordinat absolut, relatif, dan polar.

1.3.1 Sistem Koordinat

Sistem koordinat pada software AutoCAD 2 dimensi menggunakan dua sumbu yaitu X dan Y, sedangkan pada gambar tiga dimensi menggunakan 3 sumbu simetri, yaitu X, Y, dan Z. Ketika kita memasukkan angka koordinat, berarti kita memasukkan informasi tentang jarak (dalam satuan panjang) dan arahnya (+ atau –) sepanjang sumbu X, Y, dan Z.

Program AutoCAD bisa digunakan untuk mode 2 dimensi maupun 3 dimensi sehingga mempunyai sistem koordinat 3 sumbu: X, Y, dan Z.

1.3.1.1 Sistem Koordinat Absolut

Sistem koordinat absolut menggunakan titik pusat sumbu X, Y, Z (0,0,0) sebagai acuan utama. Artinya semua posisi titik dari suatu objek diukur jaraknya dari titik pusat (0,0,0).

Bila menggambar dalam 2 dimensi, koordinat Z dapat diabaikan atau tidak ditulis.

1.3.1.2 Sistem Koordinat Relatif

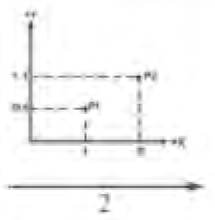
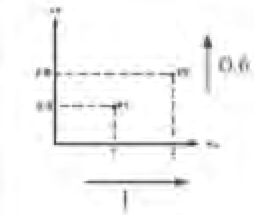
Dalam sistem ini posisi suatu titik tidak ditentukan dari pusat sumbu X, Y, Z (0,0,0), tetapi menggunakan acuan titik terakhir.

Artinya koordinat suatu titik ditentukan relatif terhadap koordinat titik sebelumnya. Titik terakhir akan dianggap sebagai pusat sumbu (0,0,0) oleh titik terbaru. Demikian juga, titik terbaru tersebut akan menjadi pusat sumbu (0,0,0) bagi titik yang lebih baru lagi.

1.3.1.3 Sistem Koordinat Polar

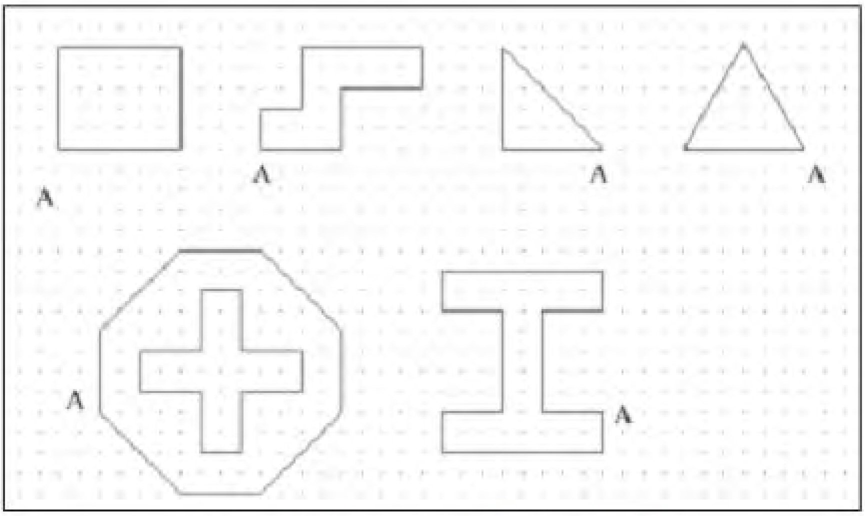
Sistem koordinat polar menggunakan jarak dan sudut untuk menentukan suatu posisi. Penentuan jarak bisa dilakukan dengan metode absolut terhadap titik pusat sumbu maupun relatif terhadap titik terakhir. Sedangkan sudut diukur terhadap sumbu X.

Default AutoCAD menggunakan WCS atau World Coordinate System. Selain itu, juga terdapat fasilitas UCS (User Coordinate System) yaitu sistem koordinat yang dapat dipindahkan posisinya dan diputar arah sumbunya. Sistem koordinat dalam AutoCAD dapat dibuat dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Sistem Koordinat		
Absolut	Relatif	Polar
		
P1 = 1 , 0.5 P2 = 2 , 1.1	P1 = 1 , 0.5 P2 = 1 , 0.6	P1 = 1 , 0.5 P2 = 1.17 , 31°
Format Penulisan dalam AutoCAD		
to (x2,y2) to 2,1.1	to @(x2-x1),(y2-y1) to @1,0.6	to @(panjang<sudut) to @1.17<31

Contoh Soal:

Tentukan koordinat setiap titik dengan sistem koordinat absolut, relatif, dan polar. Mulailah dari titik A dengan menganggap koordinat A (0,0) dan lanjutkan dengan titik-titik lainnya dengan arah berlawanan jarum jam.



Gambar 2. Menentukan koordinat benda 2D

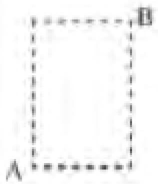
1.4 Perintah Menggambar pada AutoCAD

1.4.1 Menggambar 2D

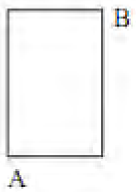
1.4.1.1 Membuat Bidang Gambar

Untuk memudahkan mengatur gambar yang akan dibuat, perlu ditetapkan bidang gambar yang akan digunakan. Penetapan bidang gambar ini seperti halnya kita menentukan ukuran kertas yang akan digunakan dan batas gambar atau garis tepi pada kertas. Pada AutoCAD hal ini dilakukan dengan perintah limits.

Dengan mengaktifkan limits, menggambar hanya dapat dilakukan di dalam daerah limits yang telah ditentukan.

<table>
<tr><td>Menentukan batas limits</td><td>

Command: limits
Reset model space limits:
Specify lower left corner or [ON/OFF] <0.0000,0.0000>: (A)
Specify upper right corner <420.0000,297.0000>: 210,297 (B)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>Mengaktifkan limits</td><td>Command: limits
Reset model space limits:
Specify lower left corner or [ON/OFF] <0.0000,0.0000>: ON</td></tr>
<tr><td>Membuat garis batas</td><td>

Command: rectang
Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: 0,0
Specify other corner point: 210,297</td></tr>
</table>

1.4.1.2 Grid dan Snap

Grid dan snap adalah alat bantu untuk menggambar. Grid adalah titik-titik yang berulang secara teratur pada sumbu vertikal maupun horizontal. Snap adalah pengunci gerakan kursor pada grid. Jarak antara titik-titik ini dapat diatur. Ketika grid dan snap diaktifkan, maka akan muncul titik-titik pada daerah limits dan pergerakan kursor akan mengikuti posisi grid. Gerakan kursor akan berupa lompatan ke titik-titik tersebut dan kursor akan tepat berhenti pada salah satu titik yang dituju oleh gerakan mouse.

Menentukan jarak antar-titik	. . . . Command: grid Specify grid spacing(X) or [ON/OFF/Snap/Aspect] <10.0000>: **10**
Mengaktifkan grid	Command: grid Specify grid spacing(X) or [ON/OFF/Snap/Aspect] <10.0000>:**ON**
Menentukan jarak lompatan kursor dan mengaktifkan snap	Command: snap Specify snap spacing or [ON/OFF/Aspect/Rotate/Style/Type] <10.0000>: **10** Specify snap spacing or [ON/OFF/Aspect/Rotate/Style/Type] <10.0000>: **ON**

1.4.1.3 Menggambar Line dan Polyline

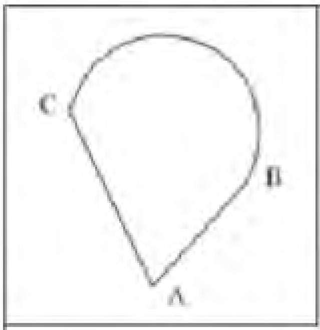
Menggambar line atau garis dilakukan dengan memasukkan posisi titik awal dan dilanjutkan titik-titik berikutnya. Untuk menggambar garis terakhir dari suatu bangun yang menuju kembali ke titik awalnya atau membentuk kurva tertutup dapat diberikan perintah "c" yang artinya closed atau ditutup.

Line merupakan entity yang terpisah, sedangkan polyline adalah entity yang bersatu. Jika segitiga digambar dengan line, segitiga itu akan terdiri dari 3 segment, sedangkan bila digambar dengan polyline, segitiga tersebut hanya terdiri dari satu segmen.

Line* dan *Polyline



Command: _line Specify first point: **(A)**
Specify next point or [Undo]: **(B)**
Specify next point or [Undo]: **(C)**
Specify next point or [Close/Undo]: **(A)** atau **C**
Specify next point or [Close/Undo]: ↵



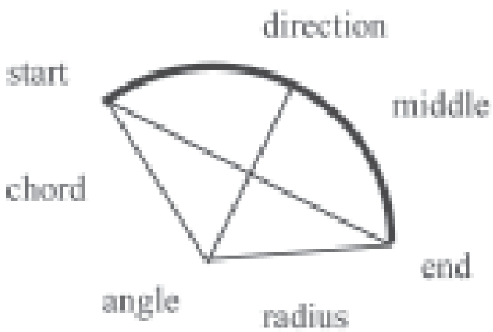

```
Command: _pline
Specify start point: (A) ↵
Current line-width is 0.0000
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: (B)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: A
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/
Width]: (C)
Specify endpoint of arc or
[Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second
pt/Undo/Width]: L
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: (A)
Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]:
```

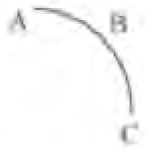
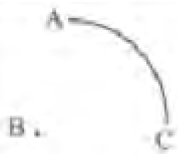
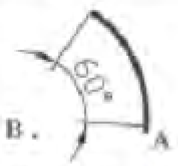
1.4.1.4 Menggambar Arc

Terdapat beberapa pilihan dalam membuat *arc* atau busur.

Untuk memudahkan pemahaman, perlu diketahui bagian-bagian dari busur yaitu:

- titik ujung awal atau start
- titik kedua atau titik tengah garis busur
- titik ujung akhir atau end
- titik pusat busur atau center
- panjang tali busur atau chord
- radius busur
- sudut busur atau angle
- arah lengkungan busur atau direction



Beberapa cara menggambar *arc*	
Three point	 Command: _arc Specify start point of arc or [CEnter]: **(A)** Specify second point of arc or [CEnter/ENd]: **(B)** Specify end point of arc: **(C)**
Start Center End	 Command: _arc Specify start point of arc or [CEnter]: **(A)** Specify second point of arc or [CEnter/ENd]: **CE** Specify center point of arc: **(B)** Specify end point of arc or [Angle/chord Length]: **(C)**
Start Center Angle	 Command: _arc Specify start point of arc or [CEnter]: **(A)** Specify second point of arc or [CEnter/ENd]: **CE** Specify center point of arc: **(B)** Specify end point of arc or [Angle/chord Length]: **A** Specify included angle: **60**

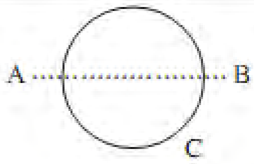
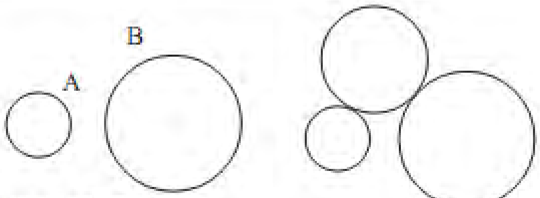
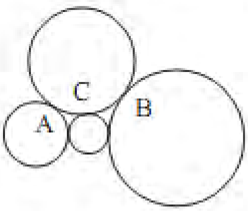
1.4.1.5 Menggambar Circle

Perintah circle digunakan untuk membuat lingkaran pada suatu bidang. Lingkaran dapat dibuat melalui beberapa cara.

Salah satunya menentukan titik pusat lingkaran, selanjutnya menentukan radius lingkaran. Cara lain dengan menentukan 2 titik (2 point) atau 3 titik (3 point) sebagai batas ukuran lingkaran.

Selain itu, lingkaran dapat pula dibuat berdasarkan garis singgung yang tegak lurus pada permukaan suatu objek, kemudian menentukan radiusnya (tangent – tangent – radius).

Beberapa cara menggambar *circle*	
Menggambar dengan memilih D untuk diameter atau memilih R untuk radius	 Command: circle Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **(A)** Specify radius of circle or [Diameter]: **D** Specify diameter of circle: **40**

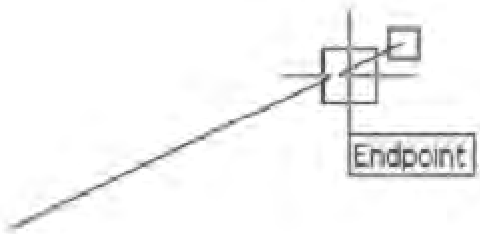
Menggambar dengan 2 points dan 3 points	 Command: circle Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **2P** Specify first end point of circle's diameter: **(A)** Specify second end point of circle's diameter: **(B)** Command: circle Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **3P** Specify first point on circle: **(A)** Specify second point on circle: **(B)** Specify third point on circle: **(C)**
Tangent tangent radius dan	 Command: circle Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **TTR** Specify point on object for first tangent of circle: **(A)** Specify point on object for second tangent of circle: **(B)** Specify radius of circle: **40**
Tangent tangent tangent	 Command: circle Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **3p** Specify first point on circle: _tan to **(A)** Specify second point on circle: _tan to **(B)** Specify third point on circle: _tan to **(C)**

1.4.1.6 Osnap

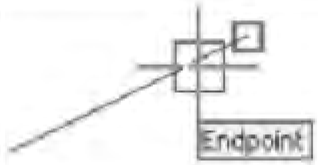
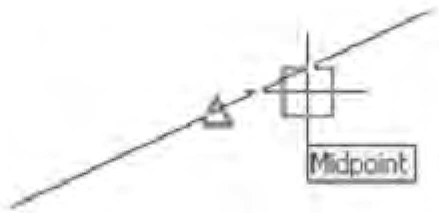
Object Snap mode merupakan metode untuk memilih titik tertentu pada suatu objek. Pada AutoCAD juga dilengkapi dengan bantuan visual bernama AutoSnap untuk membantu melihat dan menggunakan object snaps dengan lebih mudah.

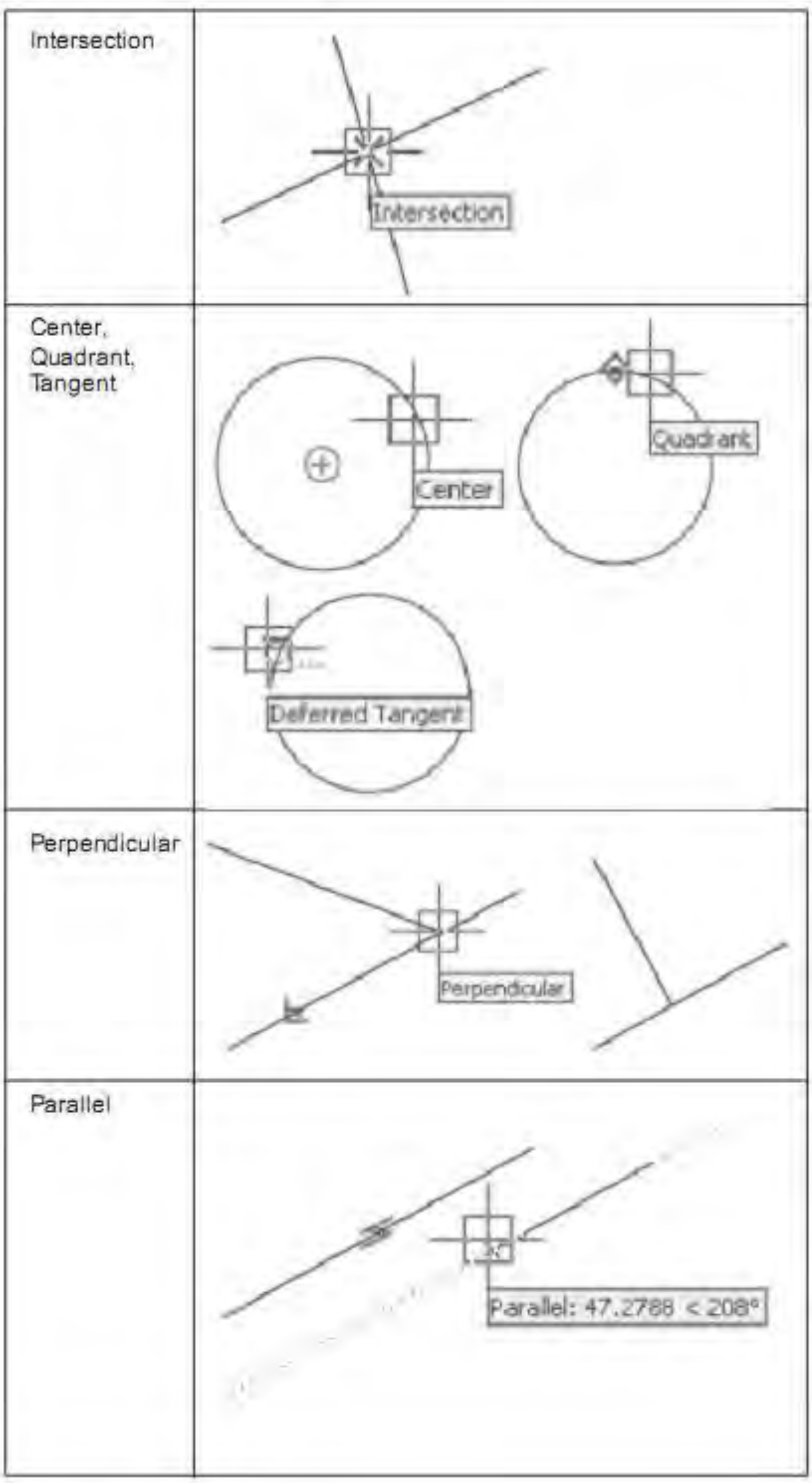
AutoSnap terdiri dari elemen-elemen berikut.

- Penanda (markers): menunjukkan jenis object snap yang aktif dengan jalan menampilkan simbol pada lokasi tertentu.
- Identitas (tooltips): mengidentifikasi jenis object snap di lokasi object snap di bawah kursor.
- Magnet: menggerakkan kursor secara otomatis dan menguncinya pada titik snap saat kursor mendekati titik tersebut.
- Kotak analisa (aperture box): kotak yang mengelilingi crosshairs dan menentukan daerah yang akan dianalisa oleh AutoCAD untuk mencari snaps.



Ketika kursor (crosshair) digerakkan, aperture box akan ikut bergerak. Daerah di sekitar aperture box akan dianalisa oleh AutoCAD dan AutoCAD akan menentukan jenis snaps yang sesuai dengan daerah itu. Pada gambar di atas, kursor mendekati ujung garis, sehingga AutoCAD menganggap bahwa snap yang sesuai adalah jenis snap to endpoint.

Osnap	
Endpoint	
Midpoint	

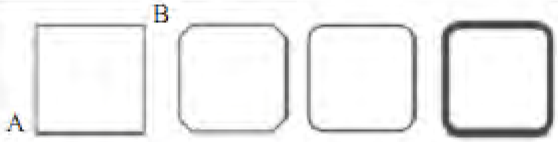


1.4.1.7 Rectangle

Rectangle, polygon, dan ellipse bersifat seperti polyline, yaitu terdiri dari 1 segmen utuh. Untuk membuat gambar persegi panjang (rectangle) dapat dilakukan dengan menentukan 2 buah titik secara diagonal. Pada sistem koordinat UCS, sisi-sisi persegi panjang selalu paralel

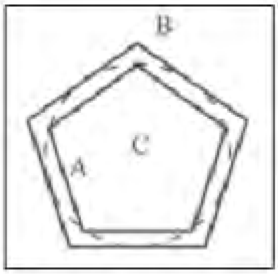
terhadap sumbu X dan Y. Dalam proses pembuatannya, terdapat beberapa perintah modifikasi seperti chamfer, fillet, elevation, thickness, dan width.

Chamfer dan fillet digunakan untuk memodifikasi bentuk tepi persegi panjang, elevation untuk mengubah elevasi atau ketinggian objek sepanjang sumbu Z, thickness untuk mengubah tebal garis objek searah sumbu Z, dan width digunakan untuk mengubah tebal garis pada bidang XY. Cara menggambar rectangle dapat dicermati pada tabel di bawah ini.

Rectangle	
Rectangle	 Command: _rectang Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: **(A)** Specify other corner point: **(B)**
Rectangle dengan chamfer	Command: _rectang Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: **C** Specify first chamfer distance for rectangles: **10** Specify second chamfer distance for rectangles: **10** Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: **(A)** Specify other corner point: **(B)**
Rectangle dengan fillet	Command: rectang Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: **F** Specify fillet radius for rectangles: **10** Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: **(A)** Specify other corner point: **(B)**
Rectangle dengan pengaturan tebal garis	Command: rectang Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: **W** Specify line width for rectangles <0.0000>: **5** Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: **(A)** Specify other corner point: **(B)**

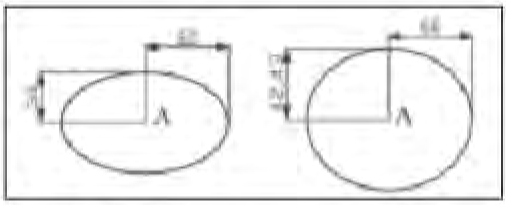
1.4.1.8 Polygon

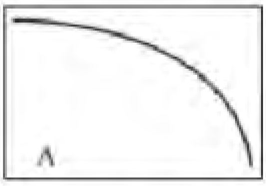
Polygon atau sisi banyak dibuat dengan bantuan lingkaran, yaitu ujung-ujungnya menyentuh lingkaran di bagian dalam (inscribed) atau luar (circumscribed). Dapat pula dibuat dengan menentukan titik pertama dan kedua sebagai ukuran panjang sisi polygon.

Polygon	
A adalah polygon inscribed (di dalam lingkaran) B adalah polygon circumscribed (di luar lingkaran)	 Command: polygon Enter number of sides <5>: **5** Specify center of polygon or [Edge]: **C** Enter an option [Inscribed in circle/Circumscribed about circle] <I>: **I atau C** Specify radius of circle: **80**

1.4.1.9 Ellipse

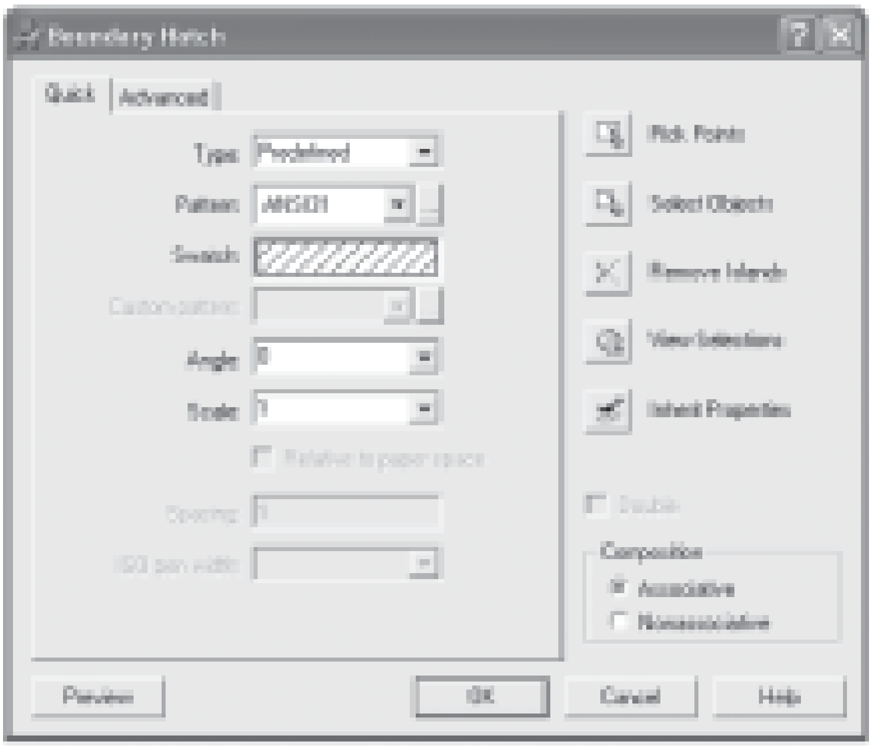
Pembuatan ellips diawali dengan penentuan titik pusat ellips, setelah itu jarak kedua sumbu ellips. Dapat pula dilakukan dengan menentukan panjang dan lebar ellips. Sumbu yang panjang sebagai sumbu mayor sedangkan sumbu yang pendek sebagai sumbu minor.

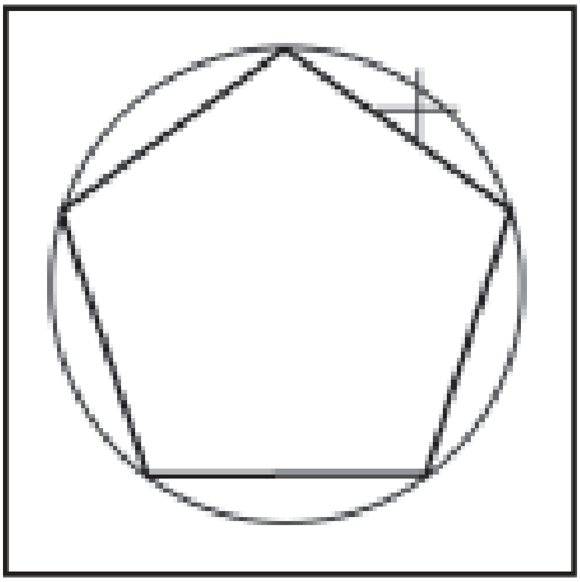
Ellipse	
	 Command: ellipse Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: **C** Specify center of ellipse: **(A)** Specify endpoint of axis: **@60<0** Specify distance to other axis or [Rotation]: **30**
	Command: ellipse Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: **C** Specify center of ellipse: **(A)** Specify endpoint of axis: **@60<0** Specify distance to other axis or [Rotation]: **R** Specify rotation around major axis: **45**

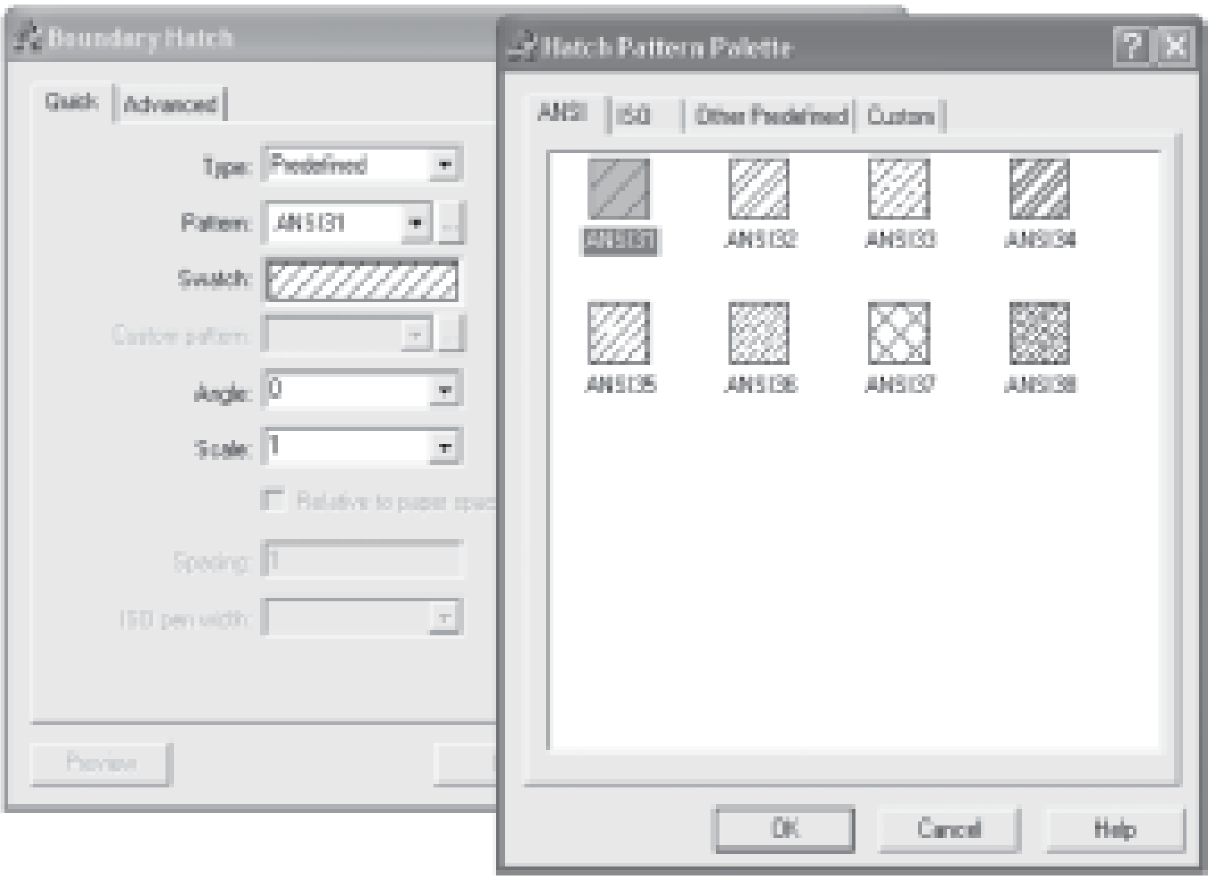
Input = panjang sumbu 120	Command: ellipse Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: **(A)** Specify other endpoint of axis: **@120<0** Specify distance to other axis or [Rotation]: **30**
	 Command: ellipse Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: **A** Specify axis endpoint of elliptical arc or [Center]: **(A)** Specify other endpoint of axis: **@120<0** Specify distance to other axis or [Rotation]: **30** Specify start angle or [Parameter]: **180** Specify end angle or [Parameter/Included angle]: **270**

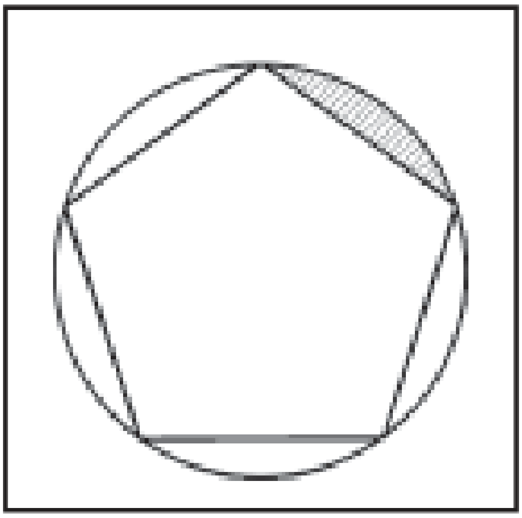
1.4.1.10 Hatch

Hatch digunakan untuk mengarsir suatu gambar. Jenis arsir maupun metode pengarsiran dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti memberi titik pada bidang yang diarsir maupun melalui batas-batas bidang yang diarsir.






Boundary Hatch
Quick
Advanced
Type:
Predefined
Pattern:
ANSI31
Swatch:
Custom pattern:
Angle:
0
Scale:
1
Relative to paper spac
Spacing:
1
ISO pen width:
Preview
Hatch Pattern Palette
ANSI
ISO
Other Predefined
Custom
ANSI31
ANSI32
ANSI33
ANSI34
ANSI35
ANSI36
ANSI37
ANSI38
OK
Cancel
Help

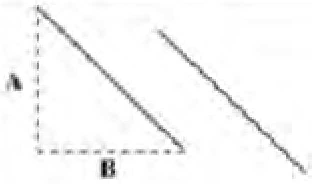
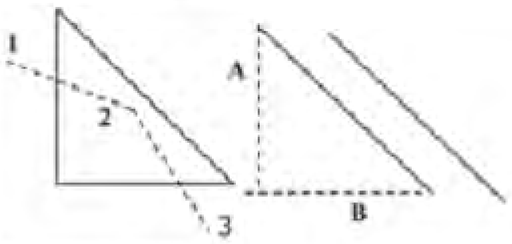
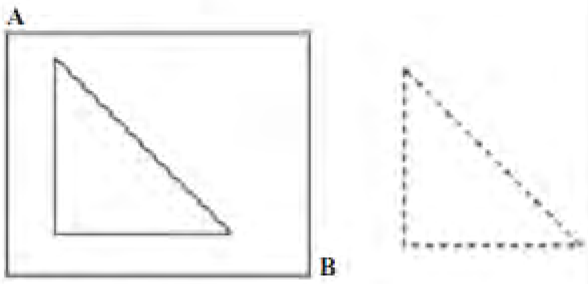


1.4.1.11 Modify

AutoCAD menyediakan fasilitas modifikasi (Modify) untuk mengubah baik ukuran, bentuk maupun lokasi suatu objek atau gambar. Modifikasi objek dapat dilakukan dengan memberikan salah satu perintah modifikasi kemudian memilih objek yang akan dimodifikasi atau sebaliknya. Modifikasi dapat pula dilakukan melalui jendela Properties dengan meng-klik ganda suatu objek. Perintah-perintah modifikasi terdiri dari Erase, Copy, Mirror, Offset, Array, Move, Rotate, Scale, Strecth, Lengthen, Trim, Extend, Break, Chamfer, Fillet, dan Explode.

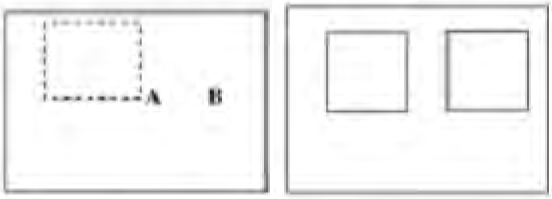
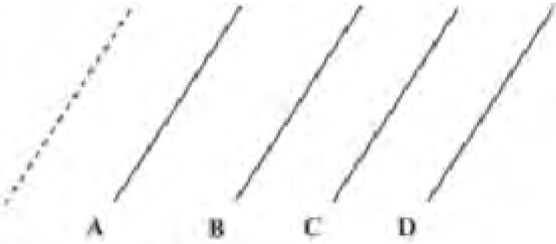
Perintah Erase digunakan untuk menghapus suatu objek. Objek dapat pula dihapus dengan perintah Cut atau dengan menekan tombol Delete. Objek yang sudah dihapus dapat dikembalikan dengan perintah Undo. Sedangkan perintah Oops akan mengembalikan semua objek yang baru dihapus dengan baik dengan perintah Erase, Block maupun Wblock.

Pemilihan objek yang akan dihapus dapat dilakukan melalui beberapa cara yaitu Pick, Fence, dan Window seperti tertera pada tabel di bawah ini.

Erase	
Pemilihan obyek menggunakan **pick**	 Command: erase Select objects: **pilih garis A** 1 found Select objects: **pilih garis B** 1 found, 2 total Select objects: ↵
Pemilihan obyek menggunakan **fence**	 Command: erase Select objects: **F** First fence point: **(1)** Specify endpoint of line or [Undo]: **(2)** Specify endpoint of line or [Undo]: **(3)** Specify endpoint of line or [Undo]: ↵ 2 found Select objects: ↵
Pemilihan obyek menggunakan **window**	 Command: erase Select objects: **klik di (A)** Specify opposite corner: **klik di (B)** 3 found Select objects: ↵

1.4.1.12 Meng-Copy

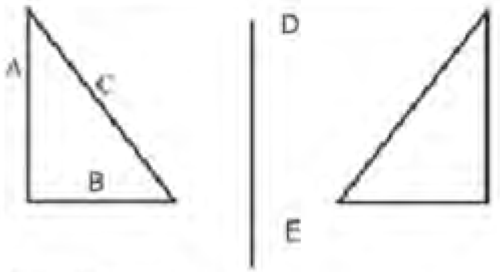
Instruksi meng-copy dilakukan untuk memperbanyak gambar atau garis atau bidang. Objek yang akan di-copy diblok terlebih dahulu selanjutnya diperbanyak sesuai dengan kebutuhan. Perintah Copy dilakukan dengan menentukan jarak dan arah dari objek aslinya melalui dua titik (base point dan second point of displacement).

Copy	
Metode Base point dan Second point	 Command: copy Select objects: **klik obyek** 1 found Select objects: ↵ Specify base point or displacement, or [Multiple]: **(A)** Specify second point of displacement or <use first point as displacement>: **(B)**
Metode Base point dan Multiple	 Command: _copy Select objects: **klik obyek** 1 found Select objects: ↵ Specify base point or displacement, or [Multiple]: **M** Specify base point: **(A)** Specify second point of displacement or <use first point as displacement>: **(B)** Specify second point of displacement or <use first point as displacement>: **(C)** Specify second point of displacement or <use first point as displacement>: **(D)** Specify second point of displacement or <use first point as displacement>: ↵

1.4.1.13 Mirror (Pencerminan)

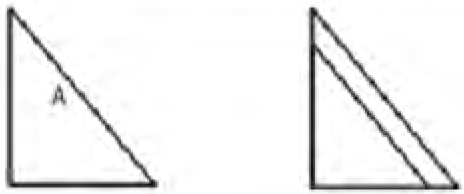
Pencerminan suatu gambar dilakukan bila kita menginginkan objek sama dalam posisi yang saling berhadapan atau bersebelahan tanpa mengubah dimensi gambar aslinya.

Pencerminan dapat dilakukan dalam berbagai sumbu, seperti sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z maupun sembarang sumbu asal ditentukan sebelumnya.

Mirror	
Garis D – E sebagai sumbu cermin	 Command: mirror Select objects: **(A)** 1 found Select objects: **(B)** 1 found, 2 total Select objects: **(C)** 1 found, 3 total Select objects: ↵ Specify first point of mirror line: **(D)** Specify second point of mirror line: **(E)** Delete source objects? [Yes/No] <N>: ↵

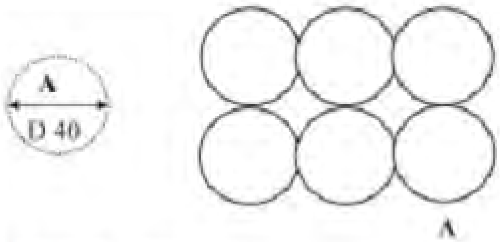
1.4.1.14 Offset

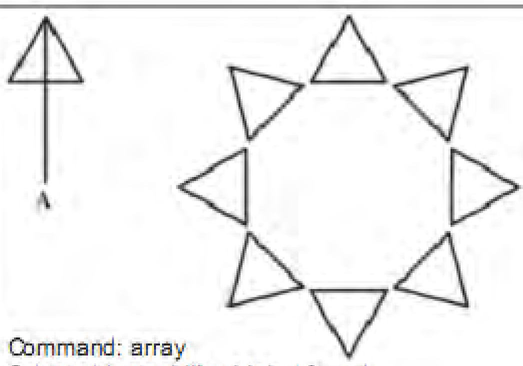
Perintah Offset digunakan untuk membuat objek baru yang paralel terhadap objek aslinya. Hasil offset untuk bidang tertutup dan lengkung seperti lingkaran dan busur dapat lebih besar atau lebih kecil dari objek aslinya, tergantung pada penentuan sisi offset.

Offset	
	 Command: offset Specify offset distance or [Through] <1.0000>: **5** Select object to offset or <exit>: **klik objek** Specify point on side to offset: **pilih sisi offset (A)**

1.4.1.15 Array (Menggandakan)

Instruksi array dapat digunakan untuk memperbanyak gambar atau objek. Langkah pertama dengan mengaktifkan perintah array lalu pilih objek atau gambar, selanjutnya menentukan jumlah duplikasi objek. Array dapat membentuk pola atau susunan gambar persegi panjang (rectangular) dengan mengatur jumlah baris dan kolom, jarak antarbaris dan kolom serta ukuran sudut. Array juga dapat membentuk susunan melingkar (polar) dengan mengatur jumlah duplikasi objek baik searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam sesuai dengan nilai sudut yang dimasukkan positif atau negatif.

Array	
Jendela informasi Array	
Array Rectangular	 Command: array Select objects: **(pilih lingkaran A)** 1 found Select objects: ↵ Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: **R** Enter the number of rows (—) <1>: **2** Enter the number of columns (|||) <1> **3** Enter the distance between rows or specify unit cell (—): **40** Specify the distance between columns (|||): **40**

Array Polar	 Command: array Select objects: **klik objek** 1 found Select objects: ↵ Enter the type of array [Rectangular/Polar] <P>: **P** Specify center point of array: endp of **(A)** Enter the number of items in the array: **8** Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw) <360>: **360** Rotate arrayed objects? [Yes/No] <Y>: **Y**

1.4.1.16 Move (Memindah)

Perintah Move digunakan untuk memindah objek tanpa mengubah orientasi dan ukurannya. Objek dapat dipindahkan pada posisi yang tepat dengan menggunakan koordinat dan object snaps atau dengan menetapkan titik perpindahan dari titik A ke titik B.

Move



Command: _move
Select objects: 1 found
Select objects: ↵
Specify base point or displacement: **(A)**
Specify second point of displacement or <use first point as displacement>: **(B)**

1.4.1.17 Rotasi (Memutar)

Perintah Rotate digunakan untuk memutar objek secara melingkar pada titik tertentu. Untuk menentukan sudut perputaran dapat dilakukan dengan memasukkan nilai sudut atau menetapkan titik berikutnya. Nilai sudut positif akan memutar objek berlawanan arah atau searah jarum jam sesuai dengan pengaturan arah pada kotak dialog gambar.

Rotate



Command: rotate
Current positive angle in UCS:
ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0
Select objects: **pilih objek** 1 found
Select objects: ↵
Specify base point: endp of **(A)**
Specify rotation angle or [Reference]: **30**

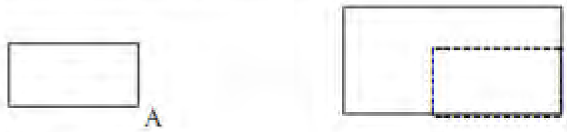
1.4.1.18 Scala (Memperbesar/Memperkecil)

Perintah Scale digunakan untuk memperbesar atau memperkecil suatu objek secara proporsional. Perintah ini dilakukan dengan cara menentukan titik pusat dan panjang sebagai faktor skala sesuai dengan satuan yang digunakan atau dengan memasukkan nilai faktor skala

melalui command. Dapat pula dilakukan dengan menetapkan ukuran panjang yang baru berdasar pada ukuran panjang awal.

Perintah scale dapat mengubah seluruh ukuran dimensi objek yang dipilih. Faktor skala yang lebih besar dari 1 akan memperbesar objek, sedangkan faktor skala yang lebih kecil dari 1 akan memperkecil suatu objek.

Scale

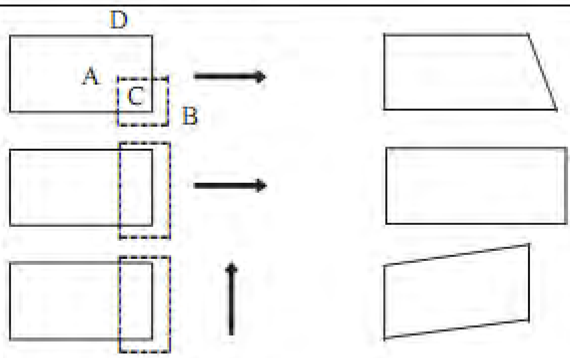


Command: scale
Select objects: **pilih objek** 1 found
Select objects: ↵
Specify base point: endp of **(A)**
Specify scale factor or [Reference]: **2**

1.4.1.19 Stretch

Perintah Stretch digunakan untuk mengubah posisi, bentuk, atau ukuran objek dengan cara menyeret atau merentangkannya berdasarkan titik awal dan titik perpindahannya. Pemilihan objek yang akan diseret dilakukan dengan memblok atau crossing selection. Agar lebih tepat, bisa dengan mengkombinasikan grip editing dengan object snap, grid snap, dan koordinat relatif.

Stretch

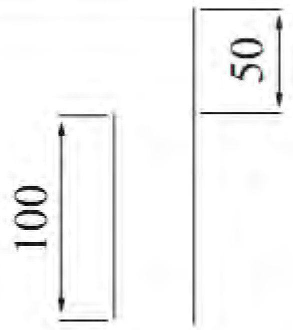


Command: stretch
Select objects to stretch by crossing-window or crossing-polygon... **(A)**
Select objects: Specify opposite corner: **(B)**0 found
Select objects: **pilih sisi/ujung yang akan di stretch**
Select objects: ↵
Specify base point or displacement: **(C)**
Specify second point of displacement: **(D)**

1.4.1.20 Lengthen

Dimensi sudut suatu busur dan panjang suatu objek seperti garis terbuka, busur, polyline, busur eliptik, dan spline dapat diubah dengan perintah Lengthen. Beberapa cara penggunaan perintah Lengthen sebagai berikut.

a. Menarik titik akhir objek secara dinamis.
b. Menentukan ukuran panjang atau sudut yang baru sebagai persentase dari panjang total atau sudut aslinya.
c. Menentukan pertambahan panjang atau sudut yang diukur dari titik akhir.
d. Menentukan panjang total absolut atau sudut absolut suatu objek.

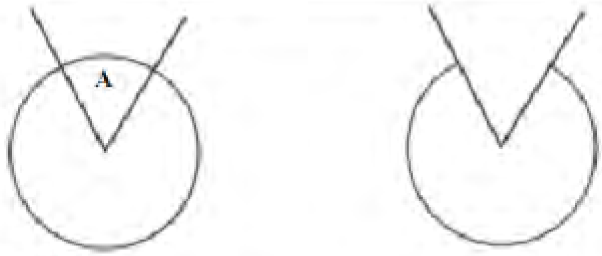
Lengthen	
DELTA Setiap objek yang di lengthen akan bertambah/ber-kurang sesuai dengan nilai delta length yang dimasukkan	 Command: _lengthen Select an object or [DElta/Percent/Total/DYnamic]: **(pilih objek)** Current length: 100.0000 Select an object or [DElta/Percent/Total/DYnamic]: **DE** Enter delta length or [Angle] <0.0000>: **50** Select an object to change or [Undo]: **(pilih objek)**
PERCENT Setiap objek yang di lengthen akan berubah panjangnya sesuai dengan prosentasenya	Command: _lengthen Select an object or [DElta/Percent/Total/DYnamic]: **p** Enter percentage length <100.0000>: **50** Select an object to change or [Undo]: **(pilih objek)**
TOTAL Setiap objek yang di lengthen akan berubah panjangnya sesuai nilai total length	Command: _lengthen Select an object or [DElta/Percent/Total/DYnamic]: Current length: 100.0000 Select an object or [DElta/Percent/Total/DYnamic]: **T** Specify total length or [Angle] <100.0000)>: **200** Select an object to change or [Undo]: **(pilih objek)**
DYNAMIC Setiap objek yang di lengthen akan berubah panjangnya sesuai posisi kursor	Command: _lengthen Select an object or [DElta/Percent/Total/DYnamic]: **DY** Select an object to change or [Undo]: Specify new end point: **(pilih objek)**

1.4.1.21 Trim (Memotong)

Trim digunakan untuk memotong objek yang dibatasi oleh objek lainnya. Batas pemotongan dapat berupa garis, busur, lingkaran, polyline, ellips, spline, region, dan sebagainya.

Pada perintah Trim, objek yang telah dipotong ataupun objek baru dapat diperpanjang kembali tanpa keluar dari perintah Trim, yaitu dengan menekan tombol Shift kemudian memilih objek yang akan diperpanjang.

Trim

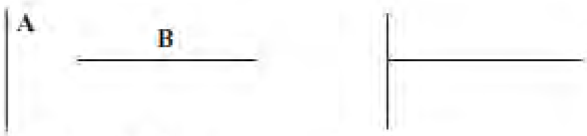



```
Command: trim
Current settings: Projection=UCS Edge=Extend
Select cutting edges ...
Select objects: Specify opposite corner: 3 found (pilih objek)
Select objects: ↵
Select object to trim or [Project/Edge/Undo]: (pilih A)
Select object to trim or [Project/Edge/Undo]: ↵
```

1.4.1.22 Extend (Memperpanjang)

Extend digunakan untuk memperpanjang suatu objek hingga batas objek yang ditentukan. Operasi perintah Extend sama seperti perintah Trim.

Extend




```
Command: _extend
Current settings: Projection=UCS Edge=Extend
Select boundary edges ...
Select objects: 1 found (A)
Select objects: ↵

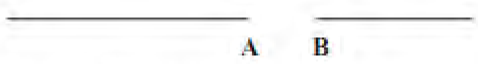
Select object to extend or [Project/Edge/Undo]: (B)
Select object to extend or [Project/Edge/Undo]: ↵
```

1.4.1.23 *Break* (Memotong)

Perintah Break digunakan untuk membuat celah (gap) pada sebuah objek seperti busur, garis, lingkaran, polyline, dan sebagainya yang menghasilkan dua objek terpisah. Perintah Break sering digunakan untuk memasukkan teks atau blok pada celah di antara dua objek. Pemotongan suatu objek dengan perintah Break dapat dilakukan dengan memilih objek

sebagai titik potong pertama dan kemudian menentukan titik potong kedua, atau dengan cara memilih seluruh objek dan kemudian menentukan titik-titik potongnya.

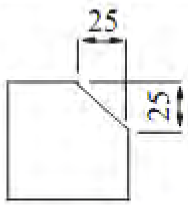
Break



Command: _break
Select object: **(pilih objek)**
Specify second break point or [First point]: **F**
Specify first break point: **(A)**
Specify second break point: **(B)**

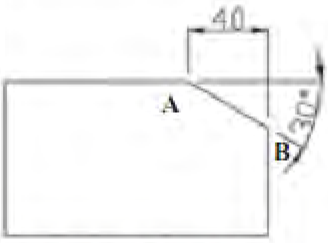
1.4.1.24 Chamfer (Membuat Garis Potong Lurus)

Chamfer merupakan perintah untuk membuat garis di antara dua garis yang tidak paralel. Biasanya digunakan untuk membuat bentuk baji atau tirus pada bagian tepi objek. Chamfer dapat dilakukan dengan metode penentuan jarak (distance) atau metode penentuan sudut (angle).



Command: _chamfer
(TRIM mode) Current chamfer Length = 20.0000, Angle = 0
Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method]: **D**
Specify first chamfer distance <25.0000>: **25**
Specify second chamfer distance <25.0000>: **25**

Command: CHAMFER
(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 25.0000, Dist2 = 25.0000
Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method]: **(A)**
Select second line: **(B)**



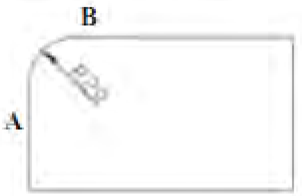
Command: CHAMFER
(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 10.0000, Dist2 = 10.0000
Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method]: **A**
Specify chamfer length on the first line <20.0000>: **40**
Specify chamfer angle from the first line <0>: **30**

Command: CHAMFER
(TRIM mode) Current chamfer Length = 40.0000, Angle = 30
Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method]: **(A)**
Select second line: **(B)**

1.4.1.25 Fillet (Membuat Radius)

Fillet digunakan untuk membentuk busur dengan radius tertentu sekaligus menghubungkan dua buah objek baik paralel maupun tidak paralel.

Fillet

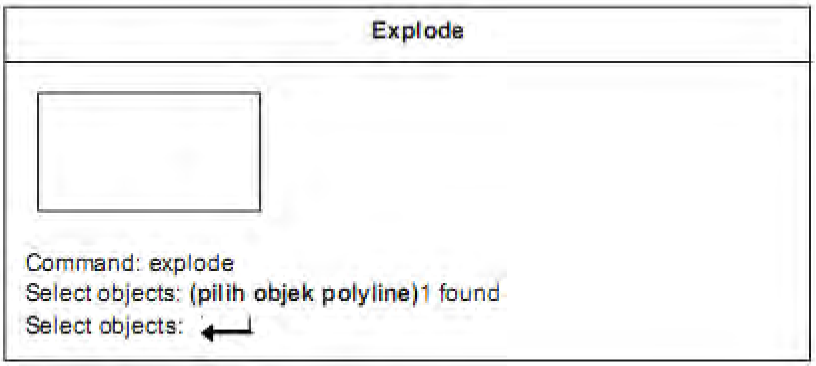


Command: fillet
Current settings: Mode = TRIM, Radius = 10.0000
Select first object or [Polyline/Radius/Trim]: **R**
Specify fillet radius <10.0000>: **20**

Command: FILLET
Current settings: Mode = TRIM, Radius = 20.0000
Select first object or [Polyline/Radius/Trim]: **(A)**
Select second object: **(B)**

1.4.1.26 Explode

Perintah Explode digunakan untuk menguraikan atau memecahkan gabungan objek seperti block menjadi beberapa komponen terpisah.



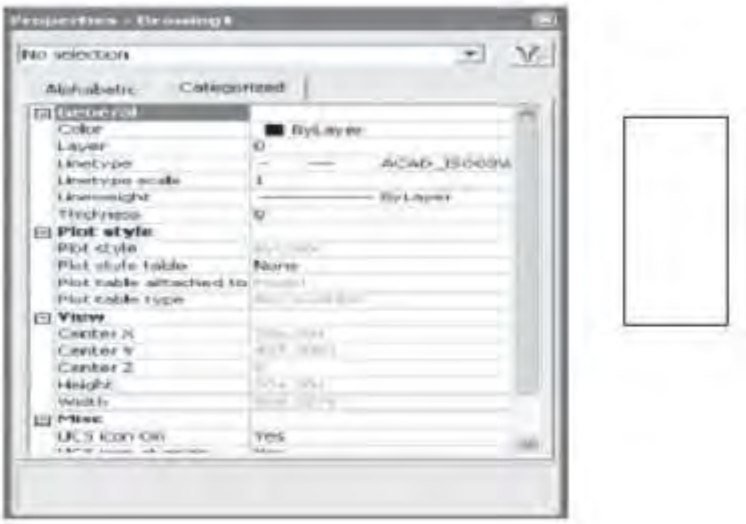
1.4.1.27 Editing dengan Mengubah Properties

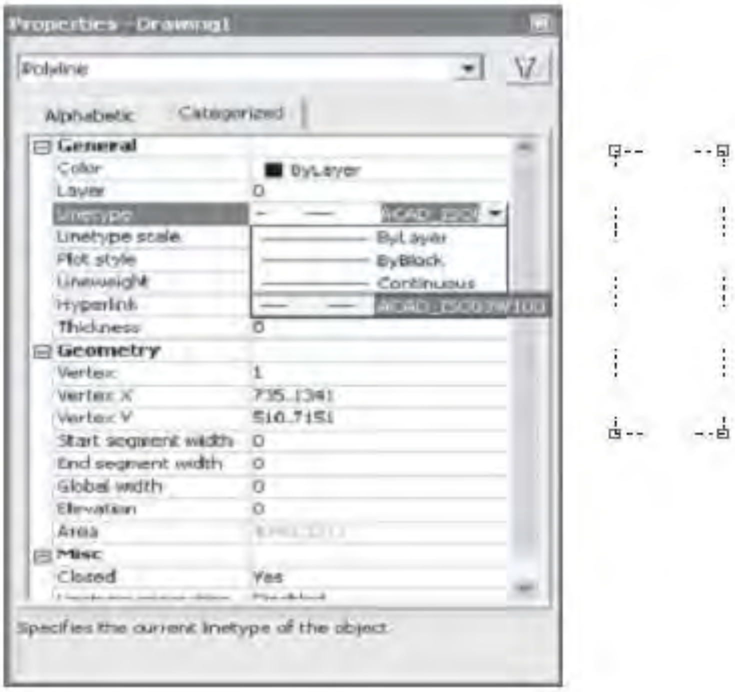
Objek yang dibuat memiliki beragam informasi seperti geometri, ukuran, jenis garis, warna, posisi, layer, dan lain-lain.

Semua informasi tersebut dapat diperoleh dan diubah melalui jendela properties. Jika memilih beberapa objek sekaligus, jendela properties hanya akan menampilkan informasi secara umum saja.

Properties suatu objek dapat ditampilkan secara alfabetis atau berdasar kategori tergantung pada menu tab yang dipilih.

Untuk mengubah properties suatu objek dapat dilakukan dengan memasukkan nilai baru; memilih nilai yang telah tersedia pada list; mengubah nilai property pada kotak dialog; atau dengan menggunakan pick point button untuk mengubah nilai koordinat.





1.4.1.28 Layer

Bekerja dengan layer pada dasarnya objek/gambar di AutoCAD terdiri atas objek-objek atau gambar-gambar pada lembaran-lembaran transparan. Ketika lembaran-lembaran itu ditumpuk menjadi satu akan muncul objek/gambar yang utuh.

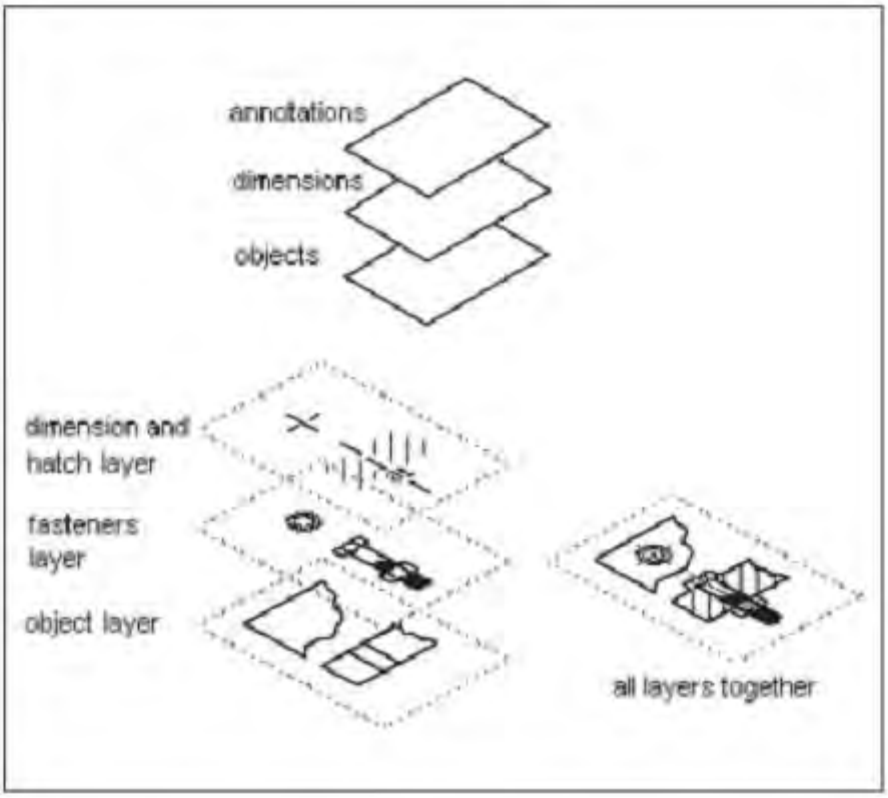
Layer adalah lapisan-lapisan bidang gambar. Setiap lapisan dapat diatur tersendiri. Kita sebenarnya selalu menggunakan layer saat bekerja dengan AutoCAD, yaitu default layer atau layer yang kita tentukan sendiri.

Setiap layer mempunyai informasi warna (color), jenis garis (linetype), tebal garis (lineweight) , dan plot style. Layer digunakan untuk mengorganisasikan gambar ke dalam kelompok-kelompok objek. Dengan bantuan layer kita akan lebih mudah dalam bekerja dan mengedit. Misalnya: dengan membuat layer garis sumbu (color, linetype, lineweight) , maka setiap kali menggambar sumbu kita tidak perlu menentukan lagi color, linetype, dan lineweight-nya. Kita hanya perlu mengaktifkan layer garis sumbu. Kita juga dapat menetapkan plot style pada layer yang ada. Plot style akan menentukan bagaimana gambar yang dibuat akan diplot/ dicetak, misalnya dicetak dengan skala 50%.

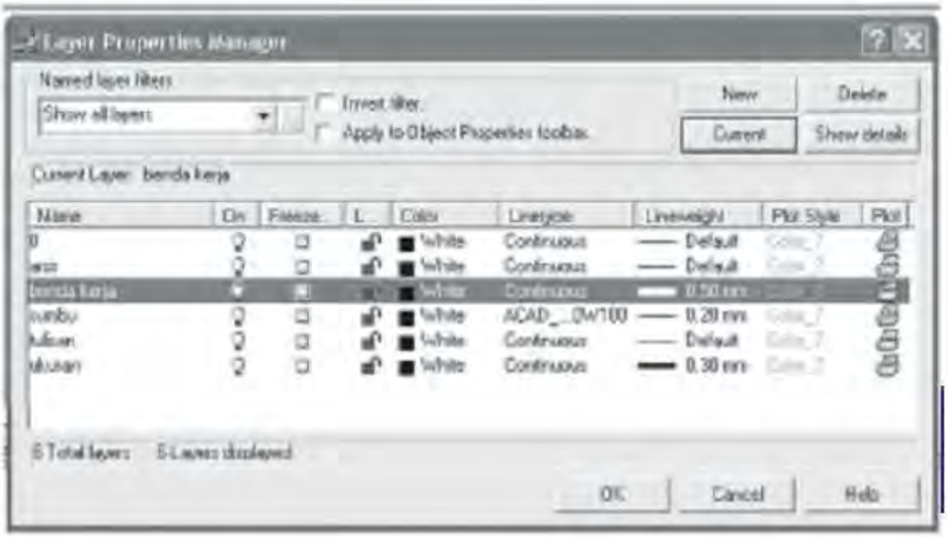
1.4.1.29 Beberapa Fasilitas pada Perintah Layer antara lain:

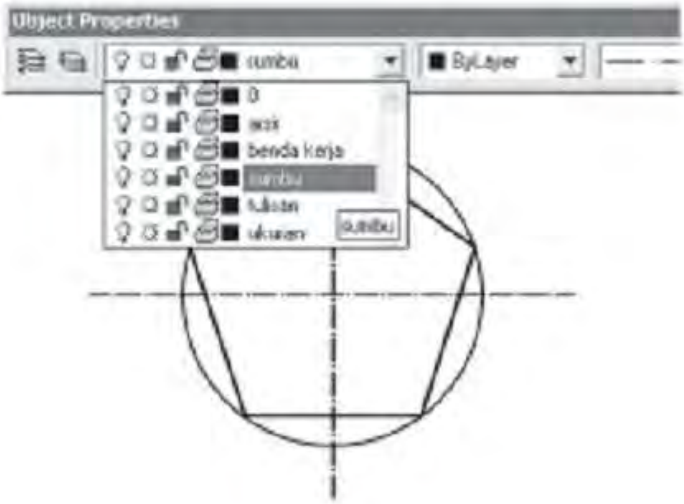
1. Membuat dan menamai layer
2. Mengaktifkan sebuah layer
3. Mengaktifkan layer milik suatu objek

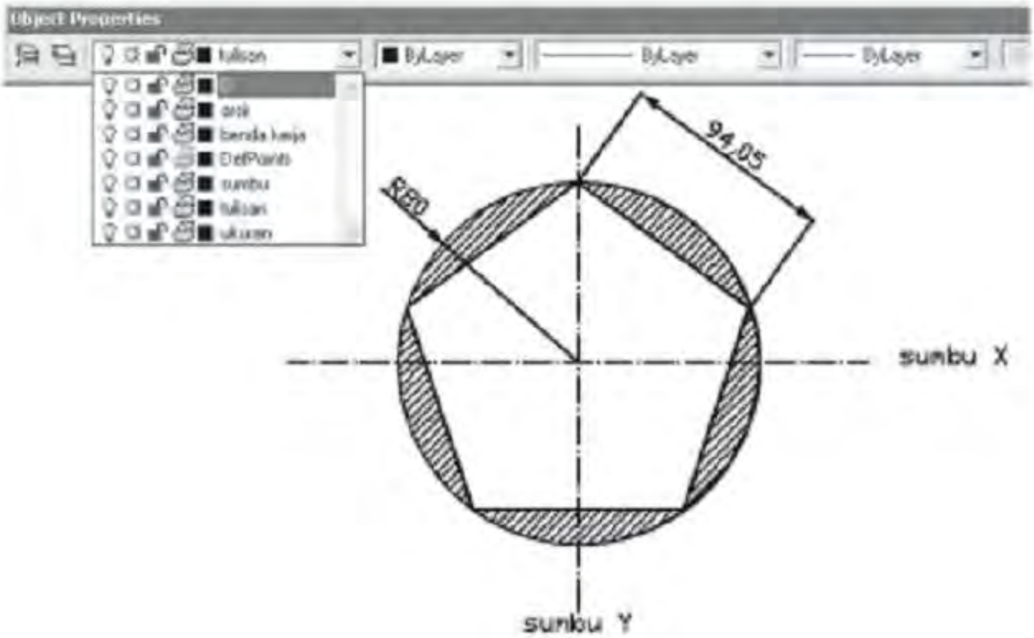
4. Mengurutkan layer
5. Mengatur visibilitas layer
6. Mengunci dan membuka layer
7. Menetapkan warna/color pada layer
8. Menetapkan jenis garis/ linetype pada layer
9. Menetapkan tebal garis/lineweight pada layer
10. Menetapkan plot style to pada layer
11. Menyaring layer
12. Mengganti nama/ renaming layer
13. Menghapus layer

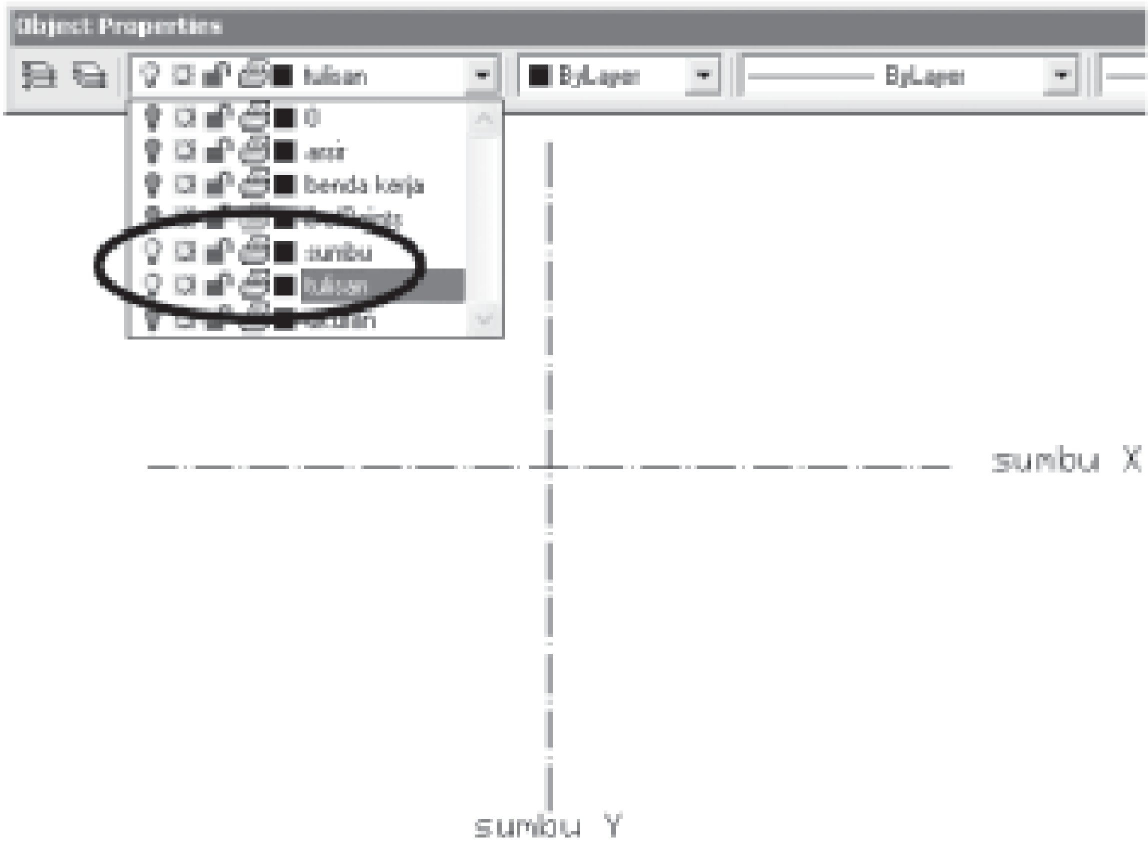





Layer Properties Manager
Named layer filters
Show all layers
Invert filter
Apply to Object Properties toolbar
New
Delete
Current
Show details
Current Layer: benda kerja
Name
On
Freeze
L...
Color
Linetype
Lineweight
Plot Style
Plot
0
arsir
benda kerja
sumbu
tulisan
ukuran
White
Continuous
ACAD_...0W100
Default
0.50 mm
0.20 mm
0.30 mm
6 Total layers
6 Layers displayed
OK
Cancel
Help


Object Properties
sumbu
ByLayer
0
arsir
benda kerja
sumbu
tulisan
ukuran

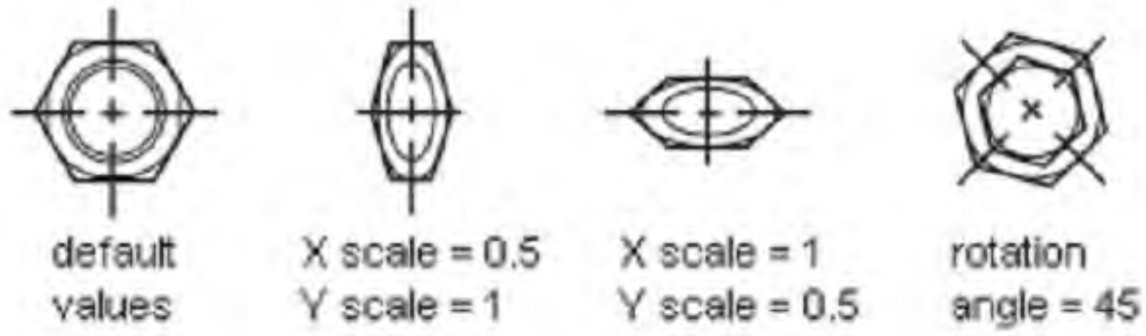

Object Properties
tulisan
ByLayer
ByLayer
ByLayer
0
arsir
benda kerja
DefPoints
sumbu
tulisan
ukuran
94,05
R80
sumbu X
sumbu Y



1.4.1.30 Bekerja dengan Blocks

Block merupakan kumpulan objek yang dapat digabungkan untuk membentuk objek tunggal. Block tersebut dapat disisipkan atau dimasukkan ke dalam gambar, dapat diskala, diputar, dan lain sebagainya. Block akan mempercepat proses menggambar.

Contohnya, kita dapat menggunakan block untuk membuat perpustakaan yang berisi objek-objek yang sering digabungkan seperti: simbol, komponen, atau bagian-bagian standar. Kita hanya perlu menyisipkan objek tanpa perlu menggambar objek yang sama berulang kali.



Gambar 3. Jenis Simbol Bekerja dengan *Block*

1.5 Tes Formatif

1.5.1 Soal-Soal

a. Mengapa CAD dipelajari dalam dunia teknik?
b. Sebutkan dan jelaskan koordinat pada AutoCAD?
c. Sebutkan perintah menggambar dan editing dengan AutoCAD beserta dengan fungsinya?

1.5.2 Kunci Jawaban

a. Teknologi CAD menjadi dasar untuk beragam kegiatan keteknikan seperti gambar, desain, analisa, dan proses manufaktur. CAD memudahkan proses dalam menggambar atau mendesain karena telah menggunakan komputerisasi, sehingga kesalahan yang terjadi mudah dibenarkan. Sekarang semua industri menggunakan CAD dalam menggambar, desain, analisa bahkan uji kekuatan bahan dari desain yang telah dibuat. Seorang ahli CAD sangat dibutuhkan dalam dunia industri.

b. AutoCAD menggunakan sistem koordinat sebagai berikut.

1) Sistem Koordinat Absolut

Sistem koordinat absolut menggunakan titik pusat sumbu X, Y, Z (0,0,0) sebagai acuan utama. Artinya semua posisi titik dari suatu objek diukur jaraknya dari titik pusat (0,0,0).

Bila menggambar dalam 2 dimensi, koordinat z dapat diabaikan atau tidak ditulis.

2) Sistem Koordinat Relatif

Dalam sistem ini posisi suatu titik tidak ditentukan dari pusat sumbu X, Y, Z (0,0,0) tetapi menggunakan acuan titik terakhir.

Artinya koordinat suatu titik ditentukan relatif terhadap koordinat titik sebelumnya. Titik terakhir akan dianggap sebagai pusat sumbu (0,0,0) oleh titik terbaru. Demikian juga titik terbaru tersebut akan menjadi pusat sumbu (0,0,0) bagi titik yang lebih baru lagi.

3) Sistem Koordinat Polar

Sistem koordinat polar menggunakan jarak dan sudut untuk menentukan suatu posisi. Penentuan jarak bisa dilakukan dengan metode absolut terhadap titik pusat sumbu maupun relatif terhadap titik terakhir. Sudut diukur terhadap sumbu X.

Default AutoCAD menggunakan WCS atau World Coordinate System. Selain itu juga terdapat fasilitas UCS (User Coordinate System) yaitu sistem koordinat yang dapat dipindahkan posisinya dan diputar arah sumbunya. Sistem koordinat dalam AutoCAD dapat dibuat dalam bentuk tabel.

c. Perintah menggambar dengan AutoCAD dan perintah untuk editing yang umum digunakan sebagai berikut.

1) Line = membuat garis dengan memasukkan posisi titik awal dan dilanjutkan titik berikut dengan hasil garis yang bukan satu kesatuan.
2) Polyline = membuat garis dengan satu kesatuan.
3) Arc = membuat busur.
4) Circle = membuat lingkaran pada satu bidang dengan sebuah titik pusat.
5) Rectangle = membuat persegi panjang dengan 2 buah titik secara diagonal.
6) Polygon = membuat segi banyak (polygon).
7) Ellipse = membuat lingkaran ellipse.
8) Hatch = membuat arsiran suatu bidang gambar sesuai dengan bentuk arsiran yang diinginkan.
9) Offset = membuat objek baru yang paralel dengan objek asli.
10) Array = memperbanyak atau menggandakan objek, baik secara vertikal dan horizontal atau arah melingkar.
11) Scale = memperbesar atau memperkecil objek.
12) Stretch = mengubah posisi, bentuk, dan ukuran objek sesuai yang diinginkan.
13) Trim = memotong objek.
14) Extend = memperpanjang objek.
15) Chamfer = membuat garis potong dengan bentuk lurus pada dua bidang/garis dengan sudut tegak lurus.
16) Fillet = membuat radius.
17) Spline = membuat bentuk seperti gelombang berdasarkan titik.
18) Region = menggabungkan objek pada satu bidang.
19) Explode = menguraikan atau memecahkan gabungan objek.

1.6 Membuat Gambar Solid 3D dengan AutoCAD

1.6.1 Menggambar dengan 3D Solids

Untuk membuat objek solid 3D, selain diperlukan penguasaan perintah-perintah dasar gambar dan modifikasi objek 2D juga diperlukan penguasaan penggunaan User Coordinat System (UCS) dan menu view.

Objek solid 3D meliputi volume total sebuah benda. Objek solid merupakan salah satu model 3D yang sangat informatif dan mudah dipahami. Proses pembentukan dan perbaikan (editing) bentuk-bentuk solid yang kompleks juga lebih mudah.

Proses pembuatan benda solid dapat dilakukan melalui fasilitas bentuk dasar solid seperti box, cone, cylinder, sphere, torus, wedge, atau melalui proses ekstruksi (Extrude) benda 2D, dapat dilakukan melalui proses revolving objek 2D.

Jika suatu objek solid sudah terbentuk, bentuk lain dapat dibuat lebih kompleks dengan mengkombinasikan objek-objek solid tersebut. Objek-objek solid dapat digabungkan (joint) dengan perintah union ataupun dikurangkan (subtract) dari objek solid lainnya.

Objek solid dapat dimodifikasi menjadi bentuk tertentu melalui beberapa perintah seperti fillet, chamber, atau color edges. Permukaan solid mudah dimanipulasi karena tidak memerlukan penggambaran bentuk baru maupun operasi boolean pada objek solid tersebut. Pada AutoCAD juga terdapat perintah untuk mengiris (slice) suatu solid menjadi dua bagian atau mendapatkan penampang 2D dari solid 3D.

Perintah-perintah yang digunakan untuk membuat objek solid 3D diuraikan sebagai berikut.

1. BOX

   Untuk membuat objek kotak solid dapat dilakukan dengan menggunakan perintah BOX. Bidang alas selalu paralel dengan sumbu XY. Selain itu, objek kotak dapat dibuat dari objek segiempat melalui perintah RECTANG atau objek polyline tertutup melalui perintah PLINE. Kemudian diekstruksi dengan perintah EXTRUDE.

2. CONE

   Untuk membentuk gambar konis solid, dapat dilakukan dengan perintah CONE. Dapat pula dilakukan dengan membuat gambar lingkaran 2D, kemudian diekstruksi dengan sudut tertentu sepanjang sumbu Z.

3. CYLINDER

   Objek silinder solid dapat dibentuk dengan perintah CYLINDER.

Dasar silinder dapat berbentuk melingkar atau eliptik. Dapat pula dilakukan dengan membuat gambar lingkaran 2D, kemudian diekstruksi dengan tinggi tertentu sepanjang sumbu Z.

4. SPHERE

   Perintah SPHERE digunakan untuk membuat gambar bola solid yang didasarkan pada titik pusat dan radius atau diameter.

5. TORUS

   Perintah TORUS digunakan untuk membuat objek cincin solid atau donut.

6. CIRCLE

   Perintah CIRCLE digunakan untuk membuat lingkaran 2D.

7. PLINE

   Perintah PLINE digunakan untuk membentuk objek polyline 2D.

8. RECTANG

   Perintah RECTANG digunakan untuk membuat segiempat 2D.

9. EXTRUDE

   Perintah EXTRUDE digunakan untuk membentuk solid 3D primitif dengan mengekstruksi objek 2D.

10. INTERFERE

    Perintah INTERFERE digunakan untuk membuat komposit solid 3D dari dua atau lebih objek solid.

11. INTERSECT

    Perintah INTERSECT digunakan untuk membuat komposit solid dari interseksi dua atau lebih objek solid dan menghilangkan area di luar interseksi.

12. PEDIT

    Perintah PEDIT digunakan untuk mengedit polyline atau polygon 3D.

13. REVOLVE

    Perintah REVOLVE digunakan untuk membuat objek solid dengan cara melingkarkan objek 2D pada sumbu tertentu.

14. SUBTRACT

    Perintah SUBTRACT digunakan untuk menggabungkan beberapa solid sekaligus mengurangkannya.

15. UNION

    Perintah UNION digunakan untuk menggabungkan beberapa solid sekaligus menambahkannya.

1.6.1.1 Membuat BOX

Langkah-langkah penggambaran BOX sebagai berikut.

1. Dari Menu Draw, pilih Solids ➜ Box ,

   atau dari Toolbar Solids, klik ,

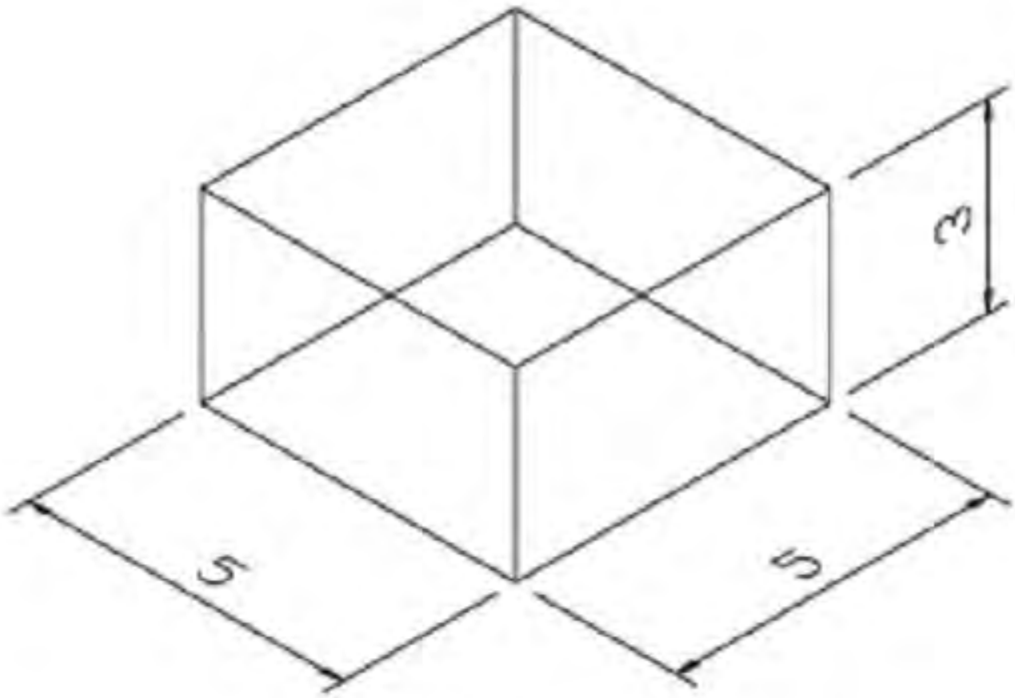
   atau dari Command line, ketik **BOX**↵
2. Tentukan posisi sudut pertama.
3. Tentukan posisi sudut berikutnya (panjang, lebar, tinggi).

Misalnya:

Command: BOX ↵

Specify corner of box or [CEnter]<0,0,0>: (klik sembarang)

Specify corner or [Cube/Length]: @5,5,2 ↵



Gambar 4. Benda Kerja Berupa Box

1.6.1.2 Membuat CONE

Langkah-langkah penggambaran CONE dengan dasar melingkar sebagai berikut.

1. Dari Menu Draw, pilih **Solids → Cone** , atau dari Toolbar Solids, klik , atau dari Command line, ketik **CONE**↵
2. Tentukan titik pusat.
3. Tentukan radius atau diameter.
4. Tentukan tinggi.

Misalnya:

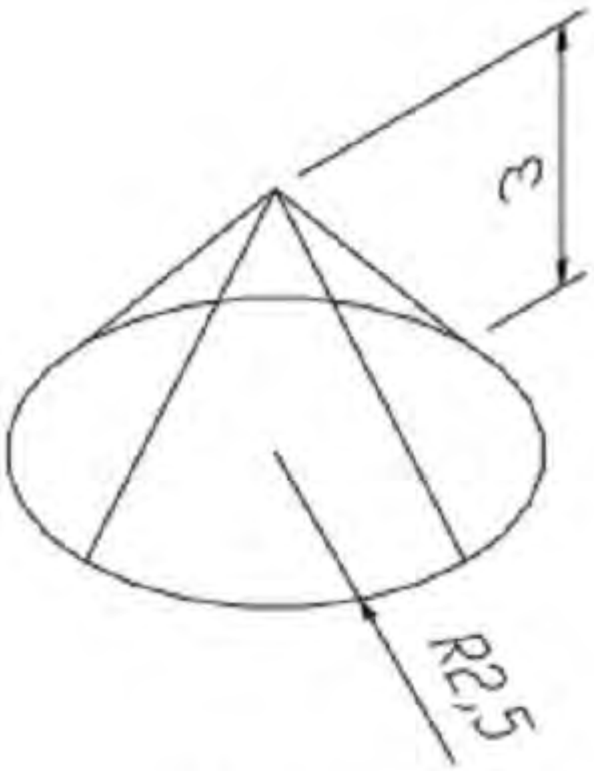
Command: CONE ↵

Current wire frame density: ISOLINES=4

Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>: (klik sembarang)

Specify radius for base of cone or [Diameter]: 2.5 ↵

Specify height of cone or [Apex]: 3 ↵



Gambar 5. Benda Kerja Berupa **CONE**

1.6.1.3 Membuat CYLINDER

Langkah-langkah penggambaran CYLINDER dengan dasar melingkar sebagai berikut.

1. Dari Menu Draw, pilih **Solids → Cylinder**, atau dari Toolbar Solids, klik , atau dari Command line, ketik **CYLINDER**↵
2. Tentukan titik pusat.
3. Tentukan radius atau diameter.
4. Tentukan tinggi.

Misalnya:

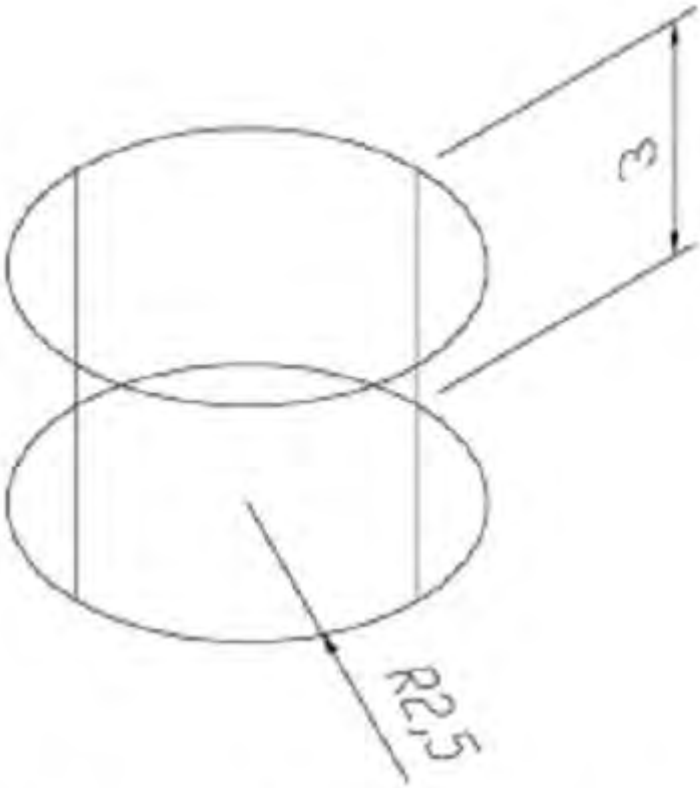
Command: CYLINDER ↵

Current wire frame density: ISOLINES=4

Specify center point for base of cylinder or [Elliptical] <0,0,0>: (klik sembarang)

Specify radius for base of cylinder or [Diameter]: 2.5 ↵

Specify height of cylinder or [Center of other end]: 3 ↵

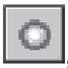


Gambar 6. Benda Kerja Berupa Silinder

1.6.1.4 Membuat SPHERE

Langkah-langkah penggambaran SPHERE sebagai berikut.

1. Dari Menu Draw, pilih **Solids ➔ Sphere**,

   atau dari Toolbar Solids, klik ,

   atau dari Command line, ketik **SPHERE**↵
2. Tentukan titik pusat sphere.
3. Tentukan radius atau diameter sphere.

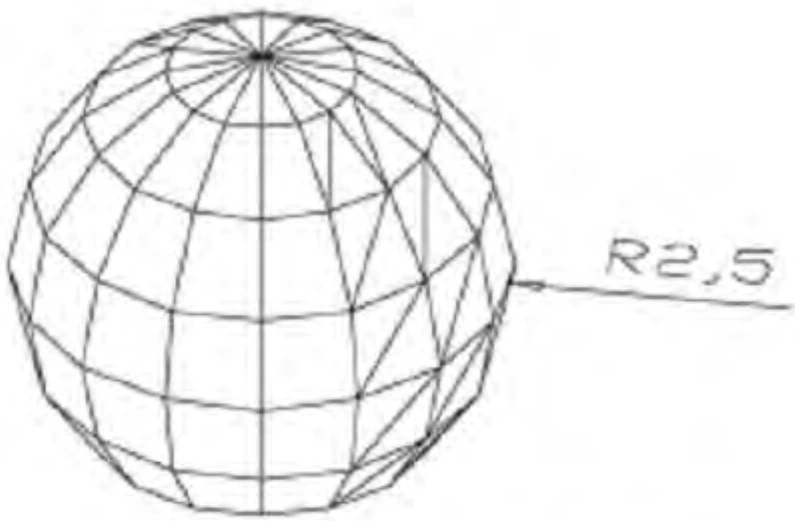
Misalnya:

Command: SPHERE ↵

Current wire frame density: ISOLINES=4

Specify center of sphere <0,0,0>: (klik sembarang)

Specify radius of sphere or [Diameter]: 2.5 ↵

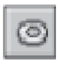


Gambar 7. Benda Kerja Berupa Bola

1.6.1.5 Membuat TORUS

Langkah-langkah penggambaran TORUS sebagai berikut.

1. Dari Menu Draw, pilih **Solids ➔ Torus**,

   atau dari Toolbar Solids, klik ,

   atau dari Command line, ketik **TORUS**↵
2. Tentukan titik pusat torus.
3. Tentukan radius atau diameter torus.
4. Tentukan radius atau diameter tube.

Misalnya:

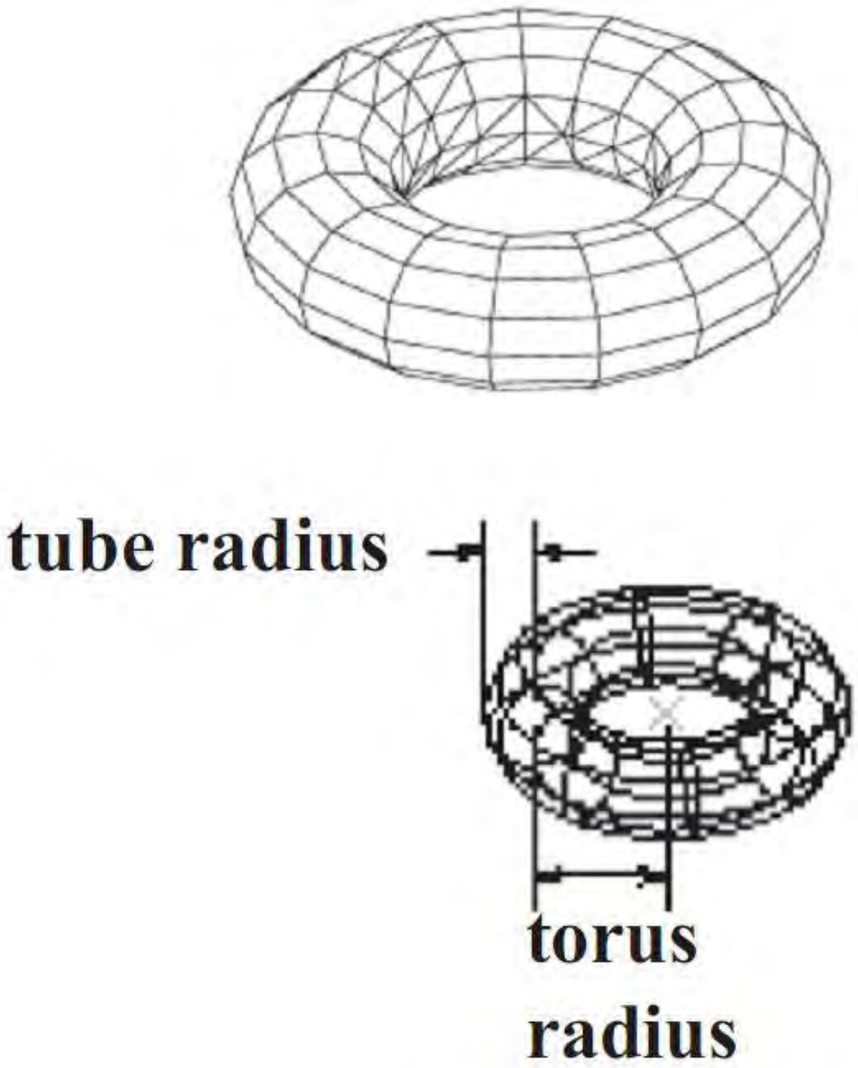
Command: TORUS ↵

Current wire frame density: ISOLINES=4

Specify center of torus <0,0,0>: (klik sembarang)

Specify radius of torus or [Diameter]: 2.5 ↵

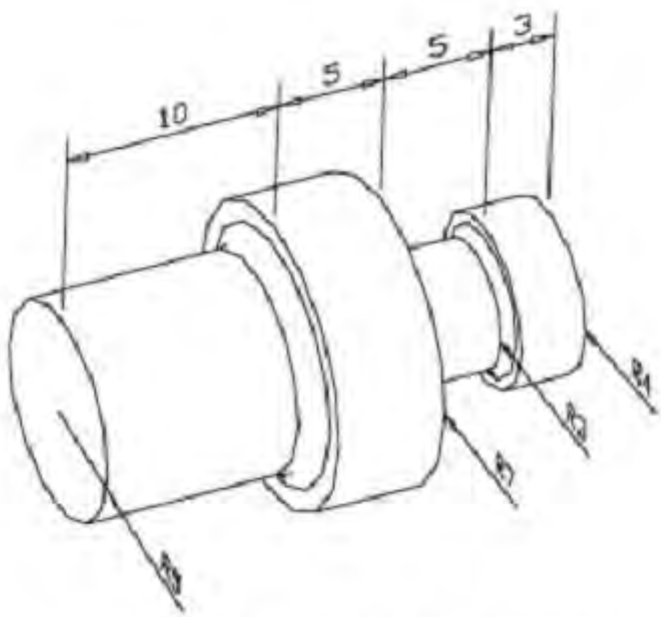
Specify radius of tube or [Diameter]: 1 ↵



Gambar 8. Benda Kerja Berupa Torus

1.6.2 Menggambar Benda Kerja

1.6.2.1 Poros Bertingkat

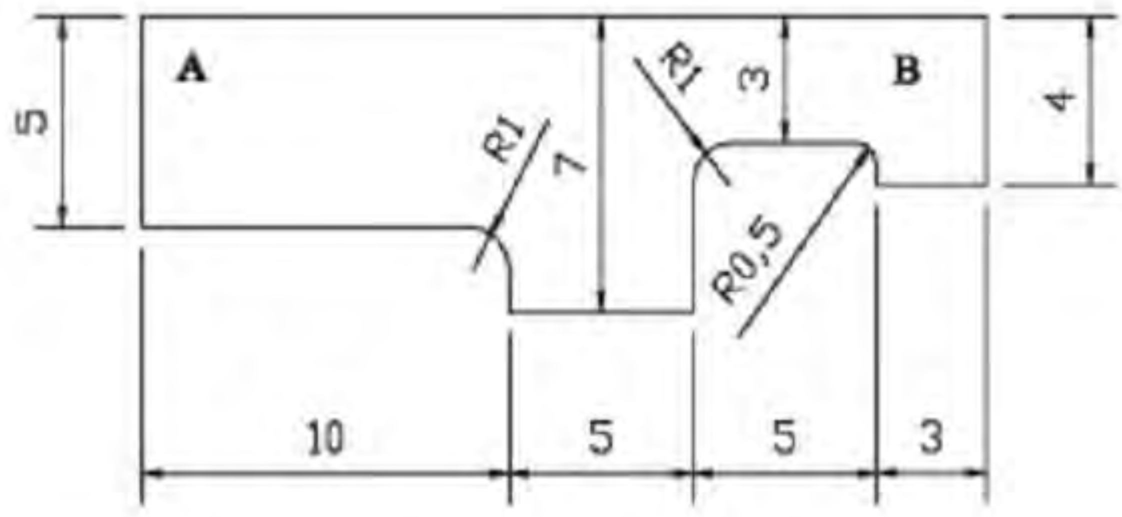


Gambar 9. Benda Kerja Poros Bertingkat

Penyelesaian

Gambar ini dapat diselesaikan dengan berbagai cara. Salah satunya dengan cara membuat model 2D tertutup terlebih dahulu, kemudian di-REVOLVE menjadi objek 3D Solid. Langkah penyelesaian sebagai berikut.

a. Dari tampak atas, buat model 2D menggunakan perintah POLYLINE dan FILLET seperti gambar di bawah.



Gambar 10. Benda Kerja Potongan A-B

Command: PLINE ↵

Specify start point: <klik sembarang> Current line-width is 0.0000

Specify next point or [Arc/Halfwidth/Length/Undo/Width]: @0,-5 ↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: @10,0 ↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: @0,-2 ↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: @5,0 ↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: @0,4 ↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: @5,0 ↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: @0,-1 ↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: @3,0 ↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: @0,4 ↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: c ↵

b. Gunakan perintah REVOLVE agar objek 2D menjadi 3D Solid.

Command: **REVOLVE**↵

Current wire frame density: ISOLINES=4

Select objects: <klik model 2D>

Select objects: ↵

Specify start point for axis of revolution or

define axis by [Object/X (axis)/Y (axis)]: <klik di titik A>

Specify endpoint of axis: <klik di titik B>

Specify angle of revolution <360>: ↵

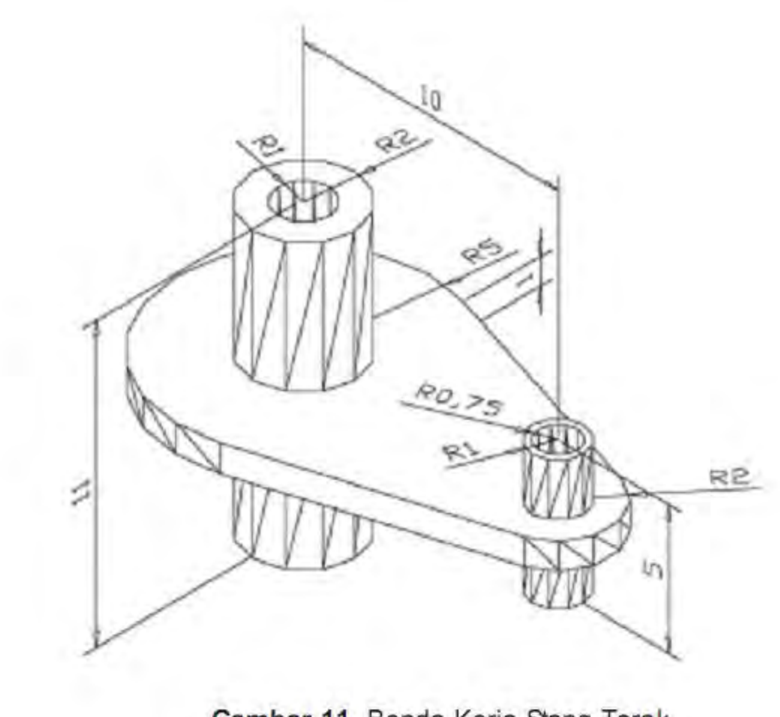
c. Ubah pandangan menjadi SW Isometric dari Menu **View → 3D Views → SW Isometric**
d. Berikan perintah HIDE untuk melihat hasilnya.
e. Hasil gambar masih terlihat garis-garis isoline. Untuk menghilangkannya, gunakan perintah DISPSILH berikut.

Command: DISPSILH ↵

Enter new value for DISPSILH <0>: 1 ↵

f. Berikan kembali perintah HIDE untuk melihat hasilnya.

1.6.2.2 Stang Torak

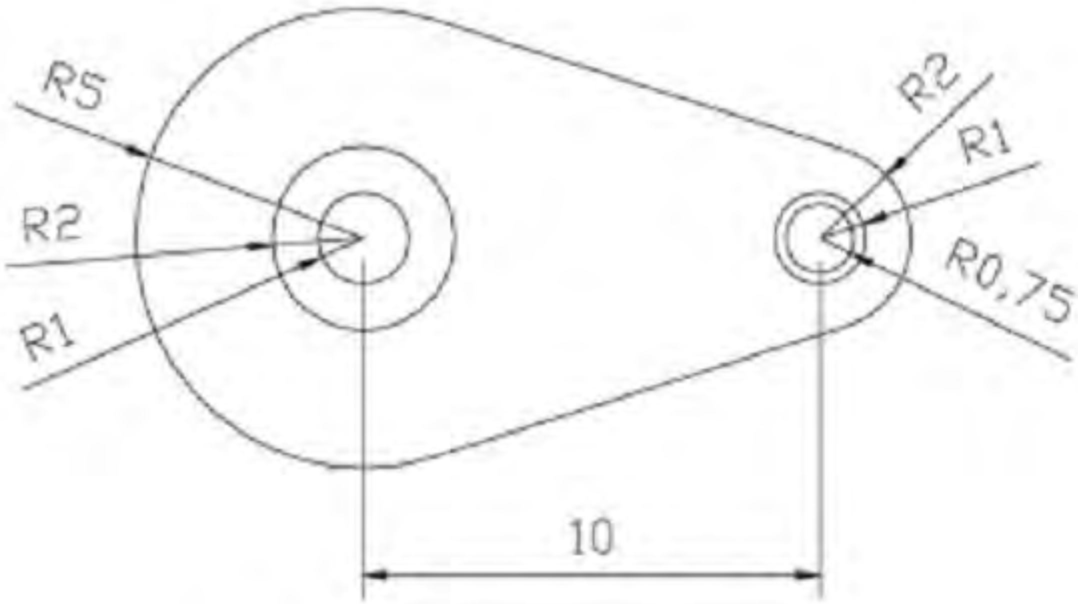


Gambar 11. Benda Kerja Stang Torak

Penyelesaian

Seperti pada contoh sebelumnya, gambar ini dapat diselesaikan dari model 2D digabung dengan operasi Boolean untuk membentuk objek solid 3D. Berikut langkah penyelesaiannya.

a. Dari tampak atas, buat beberapa lingkaran dan garis-garis hubung sekaligus membentuk sebuah polyline seperti gambar di bawah.



Gambar 12. Bagian Benda Kerja Stang Torak

Command: **LINE**↵

Specify first point: <klik sembarang>

Specify next point or [Undo]: @10,0 ↵

Specify next point or [Undo]: ↵

Command: **CIRCLE**↵

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]:

<klik di ujung kiri garis>

Specify radius of circle or [Diameter] <1.0000>: 5 ↵

Command: **CIRCLE**↵

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]:

<klik di pusat lingkaran>

Specify radius of circle or [Diameter] <5.0000>: 2 ↵

Command: **CIRCLE**↵

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]:

<klik lagi di pusat lingkaran>

Specify radius of circle or [Diameter] <2.0000>: 1 ↵

Command: **CIRCLE**↵

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]:

<klik di ujung kanan garis>

Specify radius of circle or [Diameter] <1.0000>: 2 ↵

Command: **CIRCLE**↵

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]:

<klik di pusat lingkaran>

Specify radius of circle or [Diameter] <2.0000>: 1 ↵

Command: **CIRCLE**↵

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]:

<klik lagi di pusat lingkaran tadi>

Specify radius of circle or [Diameter] <1.0000>: 0.5 ↵

Command: **LINE**↵

Specify first point: _tan to <klik bagian atas lingkaran jari-jari 5>

Specify next point or [Undo]: _tan to <klik bagian atas lingkaran sebelah kanan jari-jari 2>

Specify next point or [Undo]: ↵

Command: **MIRROR**↵

Select objects: <klik garis hubung antar lingkaran>

Specify first point of mirror line: <klik pusat lingkaran sebelah kiri>

Specify second point of mirror line: <klik pusat lingkaran sebelah kanan>

Delete source objects? [Yes/No] <N>: ↵

Command: **TRIM**↵

Current settings: Projection=UCS, Edge=None

Select cutting edges ...

Select objects: <klik garis hubung lingkaran bagian atas>

Select objects: <klik garis hubung lingkaran bagian bawah>

Select objects: µ!

Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/

Undo]: <klik lingkaran terbesar sebelah kanan>

Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/

Undo]: <klik lingkaran terluar sebelah kiri>

Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/

Undo]: ↵

Command: **PEDIT**↵

Select polyline or [Multiple]: <klik potongan lingkaran sebelah kiri>

Object selected is not a polyline

Do you want to turn it into one? <Y>↵

Enter an option [Close/Join/Width/Edit vertex/Fit/Spline/Decurve/

Ltype gen/Undo]: J ↵

Select objects: <klik garis hubung atas>

Select objects: <klik garis hubung bawah>

Select objects: <klik potongan lingkaran sebelah kanan>

Select objects: ↵

3 segments added to polyline

Enter an option [Open/Join/Width/Edit vertex/Fit/Spline/Decurve/

Ltype gen/Undo]: ↵

b. Ubah pandangan menjadi SW Isometric dari Menu **View ➔ 3D Views ➔ SW Isometric**

c. Ubah elevasi (Center Z) lingkaran jari-jari 1 dan 2 sebelah kiri menjadi -5, sedangkan lingkarn jari-jari 0.75 dan 1 sebelah kiri menjadi -2 melalui PROPERTIES.

d. Ekruksi polyline sebesar 1, lingkaran jari-jari 1 dan 2 sebelah kiri sebesar 11, dan lingkaran jari-jari 0.75 dan 1 sebelah kanan menjadi 5.

Command: **EXTRUDE**↵

Current wire frame density: ISOLINES=4

Select objects: <klik polyline>

Select objects: ↵

Specify height of extrusion or [Path]: 1 ↵

Specify angle of taper for extrusion <0>: ↵

Command: **EXTRUDE**↵

Current wire frame density: ISOLINES=4

Select objects: <klik lingkaran jari-jari 1 sebelah kir>

Select objects: <klik lingkaran jari-jari 2 sebelah kiri>

Select objects: ↵

Specify height of extrusion or [Path]: 11 ↵

Specify angle of taper for extrusion <0>: ↵

Command: **EXTRUDE**↵

Current wire frame density: ISOLINES=4

Select objects: <klik lingkaran jari-jari 0.75 sebelah kanan>

Select objects: <klik lingkaran jari-jari 1 sebelah kanan>

Select objects: ↵

Specify height of extrusion or [Path]: 5 ↵

Specify angle of taper for extrusion <0>: ↵

e. Gabungkan polyline dengan lingkaran jari-jari 2 sebelah kiri dan jari-jari 1 sebelah kanan dengan perintah UNION.

Command: **UNION**↵

Select objects: <klik polyline>

Select objects: <klik lingkaran jari-jari 2 sebelah kiri>

Select objects: <klik lingkaran jari-jari 1 sebelah kanan>

Select objects: ↵

f. Lubangi objek hasil union tadi dengan lingkaran lainnya menggunakan perintah SUBTRACT.

Command: **SUBTRACT**↵

Select solids and regions to subtract from ..

Select objects: <klik objek hasil union>

Select objects: ↵

Select solids and regions to subtract ..

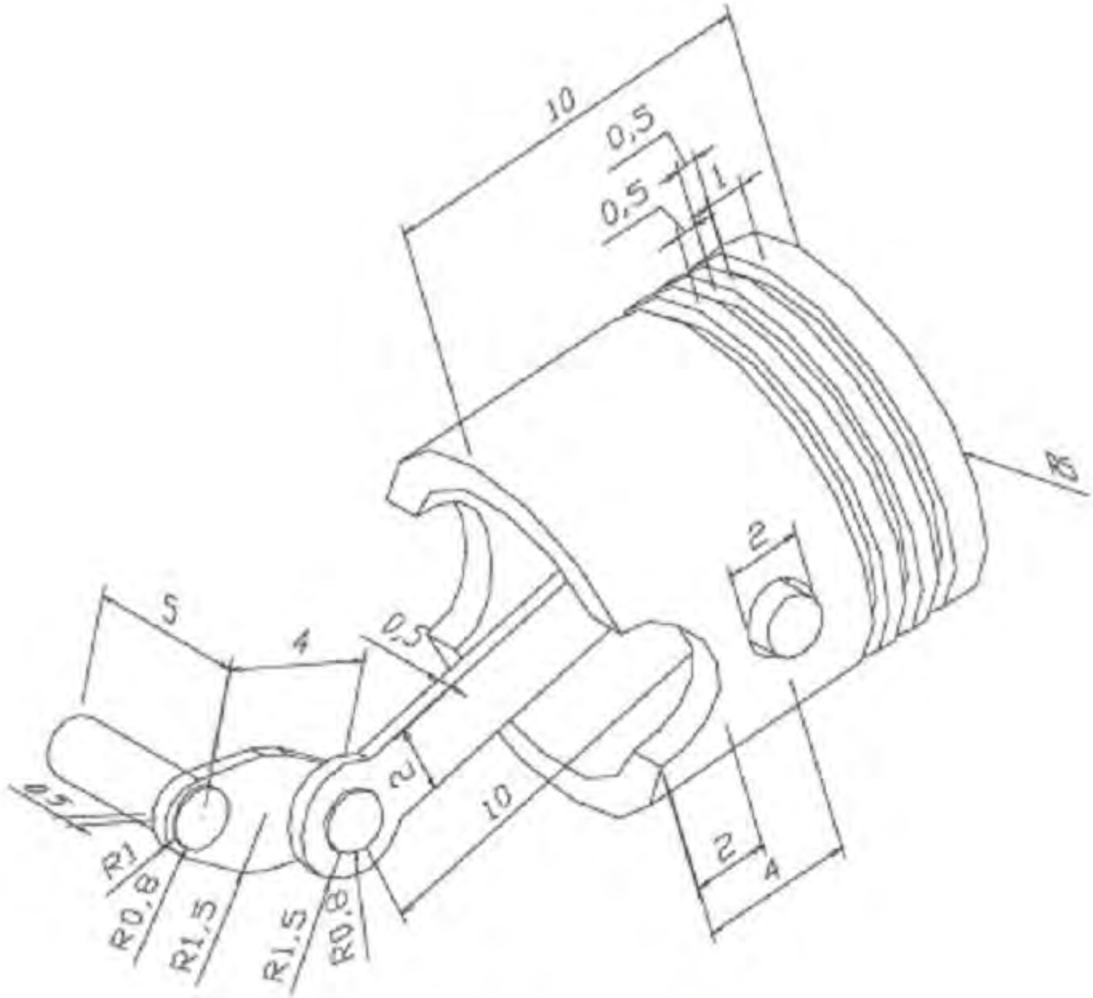
Select objects: <klik lingkaran sebelah kiri>

Select objects: <klik lingkaran sebelah kanan>

Select objects: ↵

g. Untuk melihat hasilnya sudah sesuai dengan gambar soal, gunakan perintah HIDE.

1.6.2.3 Torak/Piston



Gambar 13. Benda Kerja Stang Torak

Penyelesaian

Gambar ini diselesaikan dengan menggabungkan perintah 2D dan perintah dasar 3D solid. Langkah penyelesaian sebagai

berikut.

a. Dari tampak belakang, buat silinder dengan jari-jari 5, tinggi 10 dan jari-jari 4, tinggi 9.

Command: CYLINDER ↵

Current wire frame density: ISOLINES=4

Specify center point for base of cylinder or [Elliptical] <0,0,0>:

<klik sembarang>

Specify radius for base of cylinder or [Diameter]: 5 ↵

Specify height of cylinder or [Center of other end]: 10 ↵

Command: **CYLINDER**↵

Current wire frame density: ISOLINES=4

Specify center point for base of cylinder or [Elliptical] <0,0,0>:

<klik di pusat silinder pertama>

Specify radius for base of cylinder or [Diameter]: 4 ↵

Specify height of cylinder or [Center of other end]: 9 ↵

b. Lubangi silinder pertama dengan silinder kedua dengan perintah SUBTRACT.

Command: SUBTRACT ↵

Select solids and regions to subtract from ..

Select objects: <klik silinder pertama>

Select objects: ↵

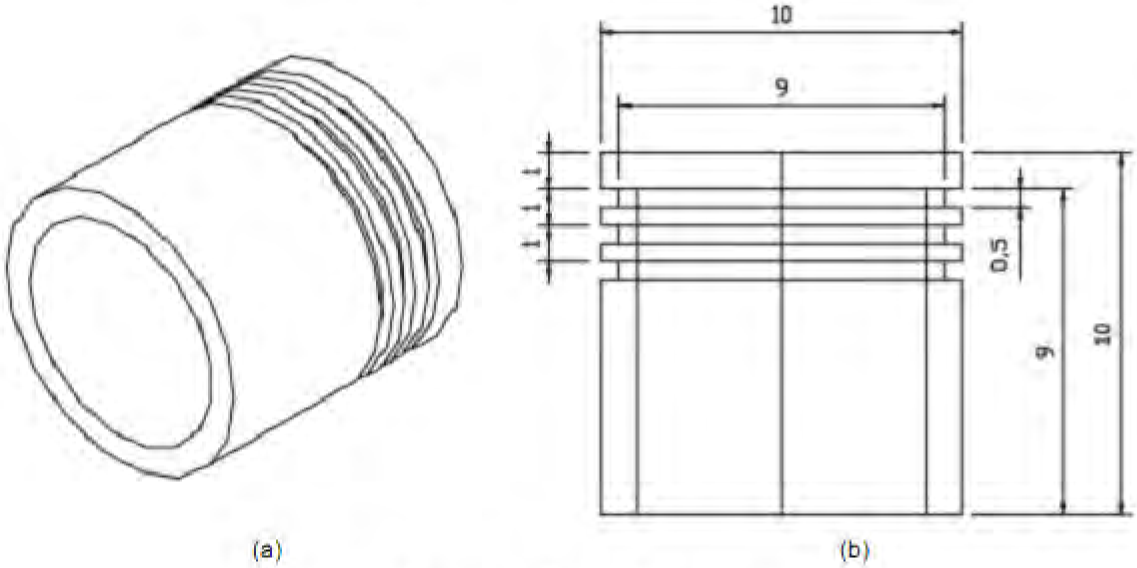
Select solids and regions to subtract ..

Select objects: <klik silinder kedua>

c. Buat dua buah silinder masing-masing dengan jari-jari 5, tinggi 0.5 dan jari-jari 4.5, tinggi 0.5. Kemudian gunakan SUBTRACT untuk melubanginya.

d. Ubah pandangan menjadi SW Isometric dari Menu **View ➔ 3D Views ➔ SE Isometric.**

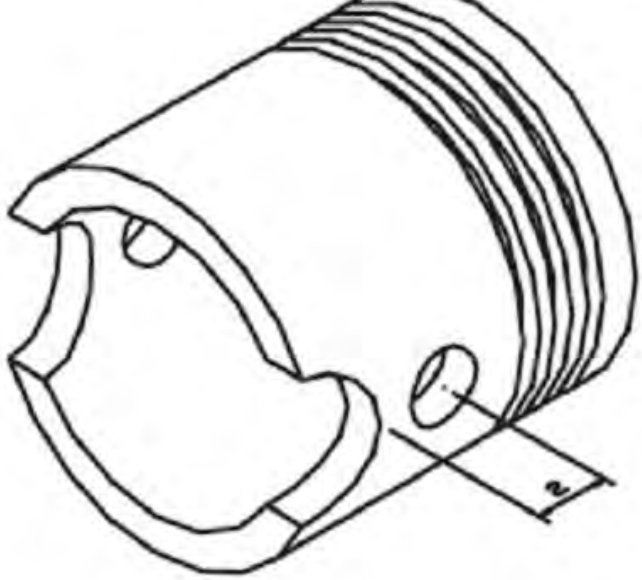
e. Perbanyak menjadi 3 dengan jarak masing-masing 1 dan tempatkan seperti tampak pada gambar di bawah. Setelah posisinya tepat, lubangi Silinder jari-jari 5 dan tinggi 10 dengan SUBTRACT.



Gambar 14. Benda Kerja Torak (a) dan dimensinya (b)

f. Ubah UCS bidang gambar ke kanan dari menu **TOOLS ➔ ORTHOGRAPHIC UCS ➔ RIGHT**

g. Buat silinder jari-jari 2 , tinggi 10 dan titik pusat di quadran sisi kiri silinder terbesar. Kemudian lakukan SUBTRACT untuk melubangi silinder terbesar. Hasilnya seperti gambar (a) di bawah.



Gambar 15. Benda Kerja Torak

h. Buat silinder jari-jari 1 dan tinggi 10. Kemudian lakukan SUBTRACT untuk melubangi silinder terbesar. Hasilnya seperti gambar (b) di atas. Buat pula sebuah silinder jari-jari 1, tinggi 11 sepusat dengan silinder sebelumnya.

i. Buat BOX dengan ukuran 10 x 2 x 0.5

   Command: BOX ↵

   Specify corner of box or [CEnter] <0,0,0>: <klik sembarang>

   Specify corner or [Cube/Length]: @10,2,0.5 ↵

j. Buat dua buah silinder masing-masing berjari-jari 0.8 dan 1.5 dengan tinggi 0.5, pusat di tengah sebelah ujung kiri BOX. Kemudian COPY ke ujung kanan. Buat pula sebuah silinder jari-jari 0.8, tinggi 1.5 di pusat yang sama.

k. Gabungkan BOX dengan CYLINDER jari-jari 1.5, tinggi 0.5 sekaligus lubangi dengan CYLINDER jari-jari 0.8, tinggi 0.5 dengan perintah SUBTRACT. Hasilnya seperti pada gambar (a) di bawah.

   Command: SUBTRACT ↵

   Select solids and regions to subtract from ..

Select objects: <klik box>

Select objects: <klik silinder jari-jari 1.5 sisi kiri>

Select objects: <klik silinder jari-jari 1.5 sisi kanan>

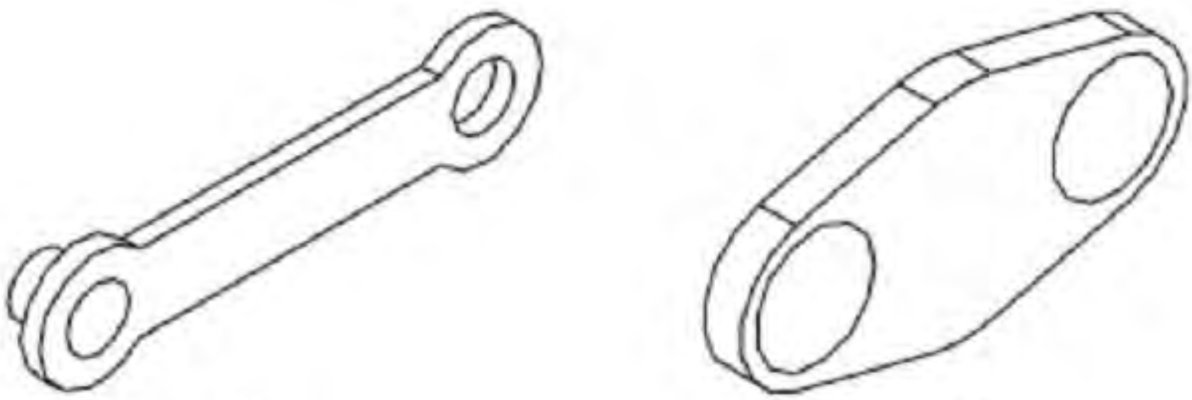
Select objects: ↵

Select solids and regions to subtract ..

Select objects: <klik silinder jari-jari 0.8 sisi kiri>

Select objects: <klik silinder jari-jari 0.8 sisi kanan>

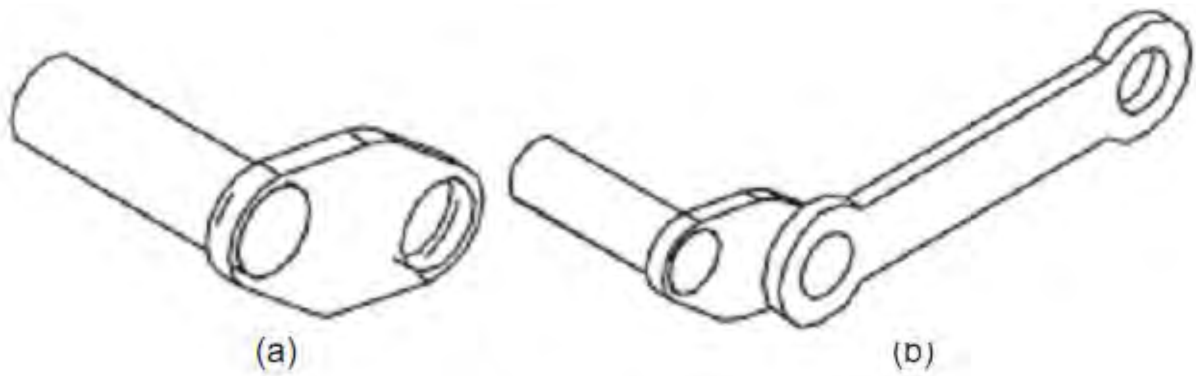
Select objects: ↵



(a) (b)

Gambar 16. Benda Kerja Klem Batang Torak

l. Dengan perintah 2D, buat beberapa lingkaran dan garis hubung. Gunakan TRIM untuk membentuk model dan PEDIT – JOIN untuk membentuk polyline dari garis-garis hubung dan potongan lingkaran. Kemudian EXTRUDE sebesar 0.5 seperti tampak pada gambar (b) di atas.
m. Lubangi model tersebut dengan kedua silinder terkecil menggunakan SUBTRACT. Kemudian diputar sebesar 3350.
n. Buat pula silinder jari-jari 0.8 dan tinggi 5 seperti tampak pada gambar (a) di bawah.



Gambar 17. Benda Kerja Batang Torak

o. Gabungkan semua komponen untuk membentuk gambar seperti soal. Kemudian berikan perintah HIDE untuk melihat hasilnya.

3. Kegiatan Belajar 3. PERANGKAT KERAS MENGGAMBAR DIBANTU KOMPUTER

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah selesai proses pembelajaran, diharapkan siswa dapat:

(1) Mengidentifikasi perangkat keras yang diperlukan untuk menggambar menggunakan AutoCAD
(2) Menjelaskan kebutuhan perangkat keras untuk menjalankan program AutoCAD
(3) Menjelaskan fasilitas yang ada pada AutoCAD untuk menggambar dua dimensi maupun tiga dimensi
(4) Menjelaskan prosedur menjalankan AutoCAD
(5) Menggunakan berbagai fasilitas pada AutoCAD untuk menggambar bentuk dua dimensi
(6) Menggunakan berbagai fasilitas untuk menggambar tiga dimensi
(7) Melakukan proses editing pada program AutoCAD

b. Uraian Materi

A. PENDAHULUAN

Seiring dengan lajunya perkembangan teknologi informasi global dewasa ini, maka otomatis tuntutan terhadap penggunaan teknologi mutlak sangat diperlukan. Adapun salah satu wujud teknologi yang sekarang sedang berkembang pesat adalah CAD (Computer Aided Design) atau Disain Berbantuan Komputer, di mana tujuannya adalah untuk mempermudah para designer dan drafter untuk memvisualisasikan idenya ke dalam bentuk gambar.

AutoCAD merupakan sebuah program CAD yang sangat terkenal dan familier dewasa ini, karena menawarkan berbagai kemudahan dan keunggulan yang bisa mempermudah kerja designer dan drafter dalam memvisualisasikan ide dan gagasannya. Sejak diciptakan pada tahun 1982 oleh Autodesk Corporation hingga keluarnya release yang terbaru, AutoCAD mengalami perkembangan yang sangat berarti serta mempunyai peran yang sangat besar bagi perkembangan industri manufacturing saat ini.

AutoCAD adalah sebuah program aplikasi (software) yang digunakan untuk menggambar dan mendisain gambar, seperti gambar arsitektur, mesin, sipil, elektro dan lain-lain, di mana program AutoCAD mempunyai kemudahan dan keunggulan untuk membuat gambar dengan cepat dan akurat serta bisa digunakan untuk memodifikasi gambar dengan cepat pula.

Fasilitas yang dimiliki AutoCAD untuk menggambar 2 dimensi dan 3 dimensi sangat lengkap, sehingga hal ini membawa AutoCAD menjadi program disain terpopuler dibandingkan dengan program-program yang lain dewasa ini.

1. KEBUTUHAN PERANGKAT KERAS UNTUK MENJALANKAN PROGRAM AUTOCAD

AutoCAD yg umum dipakai saat ini minimal AutoCAD Release 2000. Agar bisa dijalankan dengan nyaman dibutuhkan perangkat keras yang direkomendasikan untuk menjalankan program AutoCAD 2000 tersebut Adapun kebutuhan perangkat keras yang direkomendasikan adalah :

- Pentium 133 atau lebih tinggi (atau prosessor kompatibel lain).
- Ruang kosong hard-disk 130 MB dan 64 MB untuk ruang swap.
- RAM minimal 32 MB, tetapi lebih dianjurkan 64 MB ke atas.
- Tampilan resolusi layar VGA 1024 x 768 (minimal VGA 800 x 600).
- System operasi Windows® Millenium, Windows 98, Windows 95, Windows NT® 4.0 atau Windows 2000.
- Disk drive 3 1/2" (Sekarang mulai ditinggallkan, beralih ke USB)
- Mouse atau digitizer dengan driver Wintab.
- Printer atau Plotter (alat pencetak).

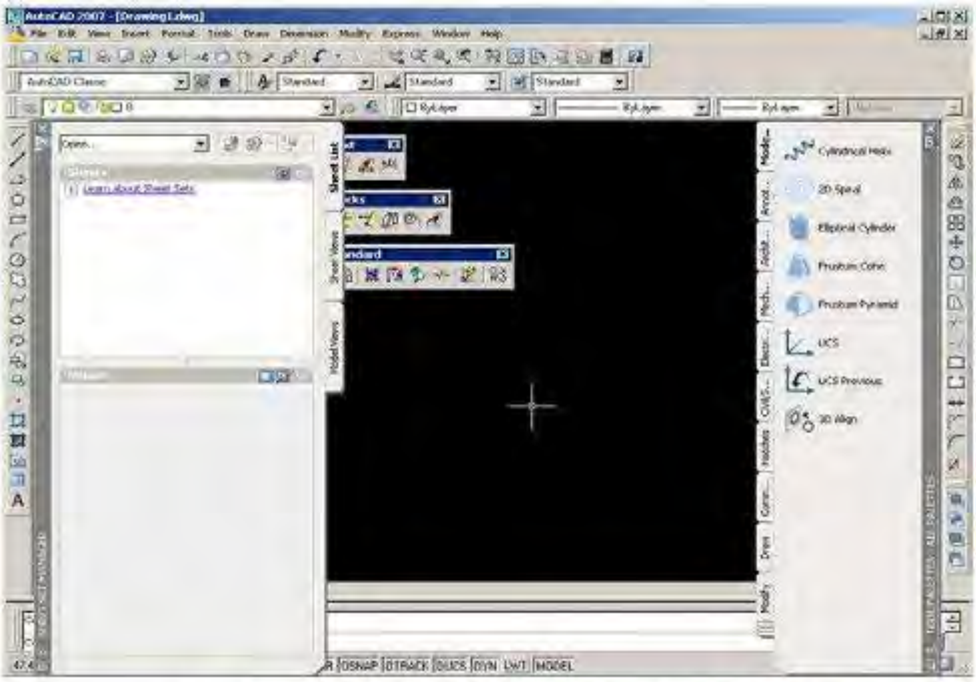
2. TAHAPAN UNTUK MENJALANKAN PROGRAM AutoCAD

Program AutoCAD bisa dijalankan setelah masuk ke dalam sistem operasi Windows terlebih dahulu. Adapun langkahnya adalah sebagai berikut :

- Komputer dihidupkan,
- Kemudian masuk ke dalam sistem operasi Windows,
- Klik tombol Start yang terletak pada taksbar,
- Klik program, setelah tampil menu pilih AutoCAD, kemudian dalam grup ini pilih grup AutoCAD di dalamnya.
- Atau klik dua kali (dobel) pada icon AutoCAD.



Gambar.1.1 . Ikon AutoCAD



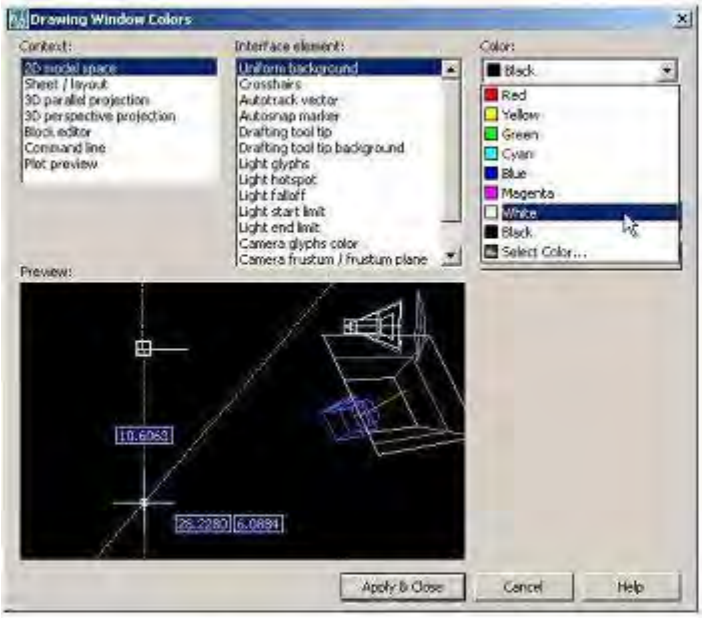
Gambar 1.2 Tampilan default AutoCAD 2007 Classic

Mengubah Warna Model Area

Perubahan warna model area perlu dilakukan karena warnanya hitam, sedangkan media untuk penuangan gambar pada umumnya berwarna putih.

Langkah perubahan tersebut adalah sebagai berikut :

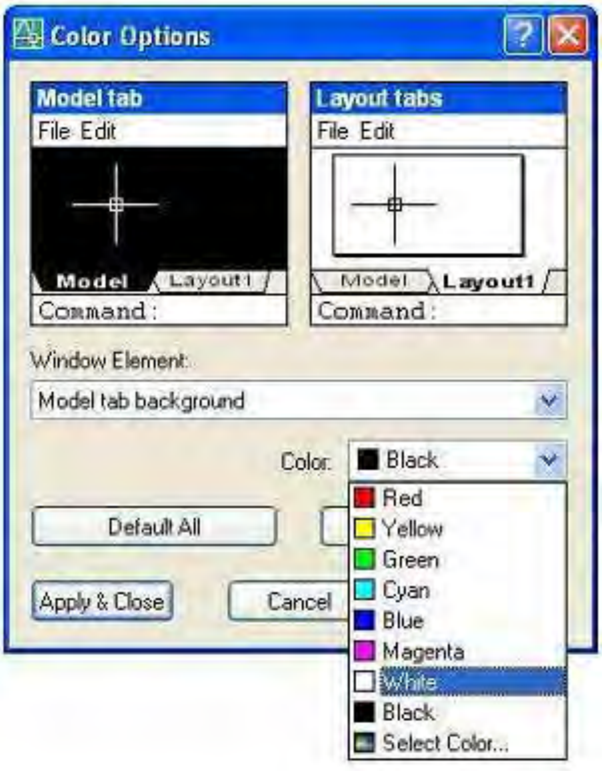
1. Tekan tombol Ctrl +9, atau klik menu bar **Tools > Options….**
2. Pada kotak dialog **Options** yang ditampilkan pastikan tab **Display** aktif dengan cara mengkliknya. Kemudian klik tombol **Colors…** maka tampil kotak dialog **Drawing Window Colors** seperti pada Gambar 1.3, jika Anda menggunakan AutoCAD 2007, akan tampil kotak dialog **Color Options** seperti pada Gambar 1.4 jika Anda menggunakan AutoCAD rilis sebelumnya.



Gambar 1.3. Kotak dialog Drawing Window Colors

Apabila Anda menggunakan AutoCAD 2007, berikut ini langkah yang perlu Anda lakukan.

1. Pastikan pilihan pada kotak **Context** adalah **2D Model Space**.
2. Pastikan pilihan pada combo **Interface element** adalah **Uniform background**
3. Kemudian pilih warna **White** pada combo **Color**. Setelah itu klik tombol **Apply and Close**.
4. Setelah kembali pada kotak dialog **Options** klik tombol **OK**



Gambar 1.5 Kotak dialog Color Options

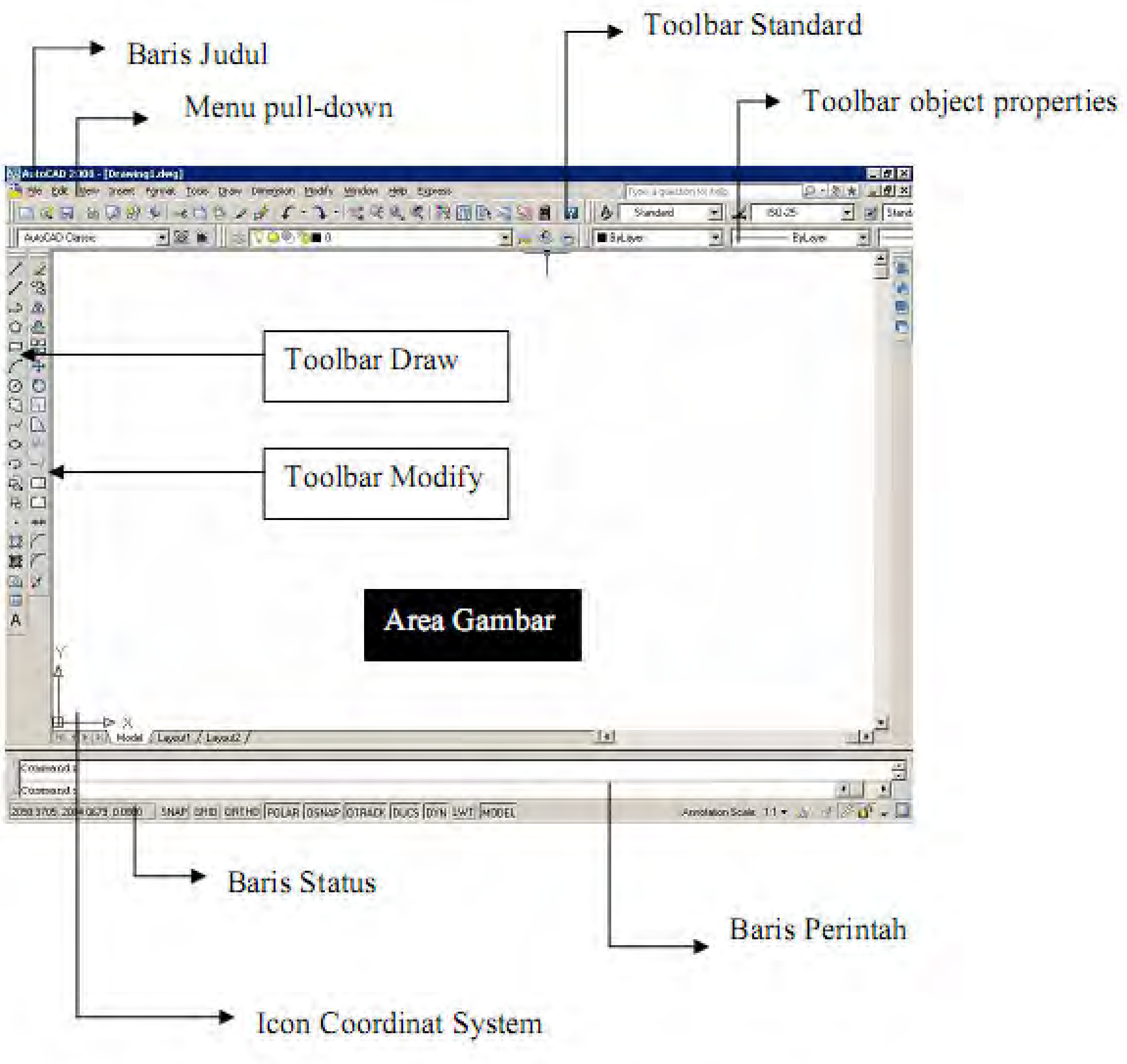
Apabila Anda menggunakan AutoCAD rilis sebelumnya, berikut ini langkah yang perlu Anda lakukan.

1. Pastikan pilihan pada combo Window Element adalah Model tab Background, kemudian pilih warna White pada combo Color. Setelah itu klik tombol Apply & Close.
2. Setelah kembali pada kotak dialog Options, klik tombol OK.

B. KONSEP DASAR PENGGUNAAN AUTOCAD

Untuk bisa menjalankan program AutoCAD 2000, hal mendasar yang harus dikuasai adalah pengetahuan tentang tampilan layar AutoCAD 2000. Karena kita tidak bisa mengoperasikan program AutoCAD 2000 dengan baik, tanpa mengetahui elemen-elemen yang ada dalam layar tersebut. Adapun elemen-elemen tersebut dapat dilihat pada tampilan ayar AutoCAD 2000 sebagai berikut :

1. ELEMEN-ELEMEN TAMPILAN AutoCAD 2008



Gambar 2.1. Tampilan Program AutoCAD 2008 mode Classic

Keterangan :

1. **Baris Judul (Title Bar)**

   Merupakan baris judul dari program AutoCAD 2008. Berisikan tulisan AutoCAD 2008 serta nama file yang sedang aktif pada saat ini.

2. **Baris Status (Status Bar)**

Semi tentang informasi mengenai status (keadaan) pada saat ini dari beberapa fungsi khusus, seperti grid, ortho, snap dan lain-lain.

3. Area Gambar (Drawing Area)

Tempat untuk menampilkan gambar, melakukan penggambaran dan pengeditan gambar.

4. Pop-up Menu (Menu Pull Down)

Baris menu yang berisi tentang fungsi-fungsi untuk menggunakan AutoCAD, antara lain perintah untuk penggambaran, mengubah setting, menyimpan dan menampilkan file gambar dan sebagainya.

5. Toolbar

Tombol-tombol yang berisi perintah-perintah AutoCAD yang dapat dipergunakan secara cepat. Ditampilkan dengan bentuk simbol-simbol dalam sebuah kotak.

6. Baris Perintah (Command Line)

Merupakan baris perintah dari AutoCAD, yang berfungsi untuk memasukkan perintah-perintah AutoCAD, seperti LINE, CIRCLE, RECTANGLE dan sebagainya. Selain itu berfungsi juga untuk memberikan tanggapan terhadap perintah-perintah tersebut.

7. Control Menu Icon

Adalah icon yang digunakan untuk mengontrol keadaan jendela dari program AutoCAD 2008. Icon ini juga merupakan salah satu fasilitas standard dari setiap program aplikasi berbasis Windows.

2. SISTEM KOORDINAT

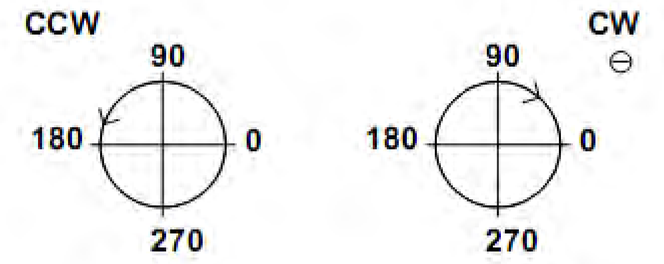
Sistem koordinat yang dipakai oleh AutoCAD adalah WCS (World Coordinat Sistem), yaitu system koordinat dengan sumbu X, Y dan Z di mana masing-masing sumbu koordinat tersebut berpotongan di titik (0,0) atau titik origin. Sedangkan arah positif dari masing-masing sumbu tersebut dinyatakan oleh arah anak panah.

Adapun sistem koordinat yang terdapat dalam AutoCAD ada tiga macam :

1. Koordinat Kartesius/Cartesian, yaitu sistem koordinat yang menunjukkan posisi suatu titik. Adapun format koordinat kartesius adalah (X,Y) (X,Y,Z).
2. Koordinat Polar, yaitu sistem koordinat yang digunakan untuk menunjukkan suatu jarak dengan sudut tertentu dari titik terakhir. Adapun format dari koordinat polar adalah @ jarak < sudut.
3. Koordinat relatif, yaitu sistem koordinat yang digunakan untuk menunjukkan jarak relatif dari titik terakhir ke arah X,Y atau X,Y,Z. Adapun format penulisannya adalah @ panjang, lebar, tinggi.

3. SISTEM PERPUTARAN

Sistem perputaran sudut yang digunakan dalam penggambaran AutoCAD untuk gambar dua dimensi adalah sistem perputaran yang berlawanan dengan jarum jam atau CCW (Counter Clock Wise). Adapun perputaran tersebut melewati sudut-sudut istimewa sebagai berikut :



Gambar 2.2. Sistem perputaran sudutdalam AutoCAD

4. PENGATURAN BIDANG GAMBAR

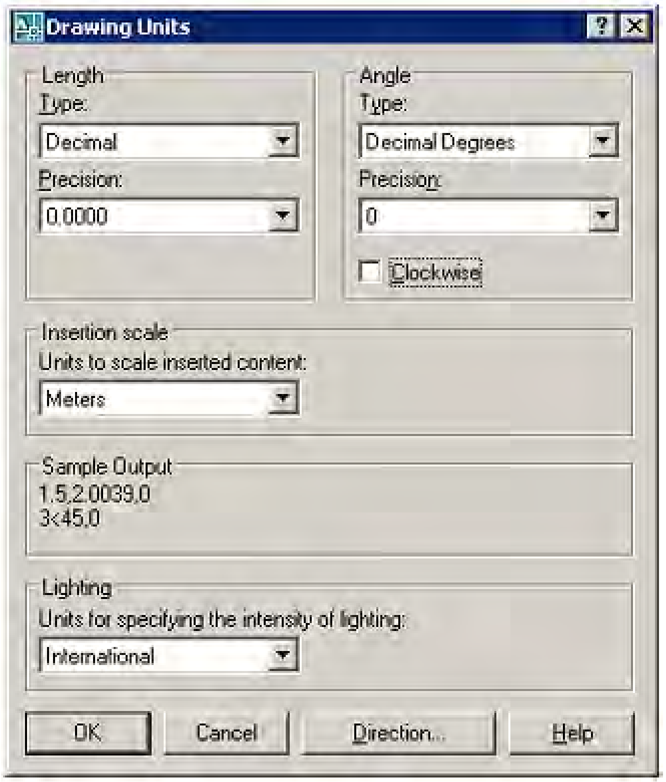
Untuk mempermudah proses penggambaran di dalam AutoCAD, serta untuk memperoleh hasil gambar yang betul-betul presisi sesuai dengan yang direncanakan, maka sebelum memulai menggambar harus dilakukan pengaturan terlebih dahulu. Adapun yang harus dilakukan dalam proses pengaturan tersebut adalah :

1. **Pengaturan Batas Bidang Gambar**

   Pengaturan batas bidang gambar (Drawing Limits) mutlak perlu dilakukan apabila objek yang akan digambar lebih besar dari betas limit standard.

2. **Pengaturan Units**

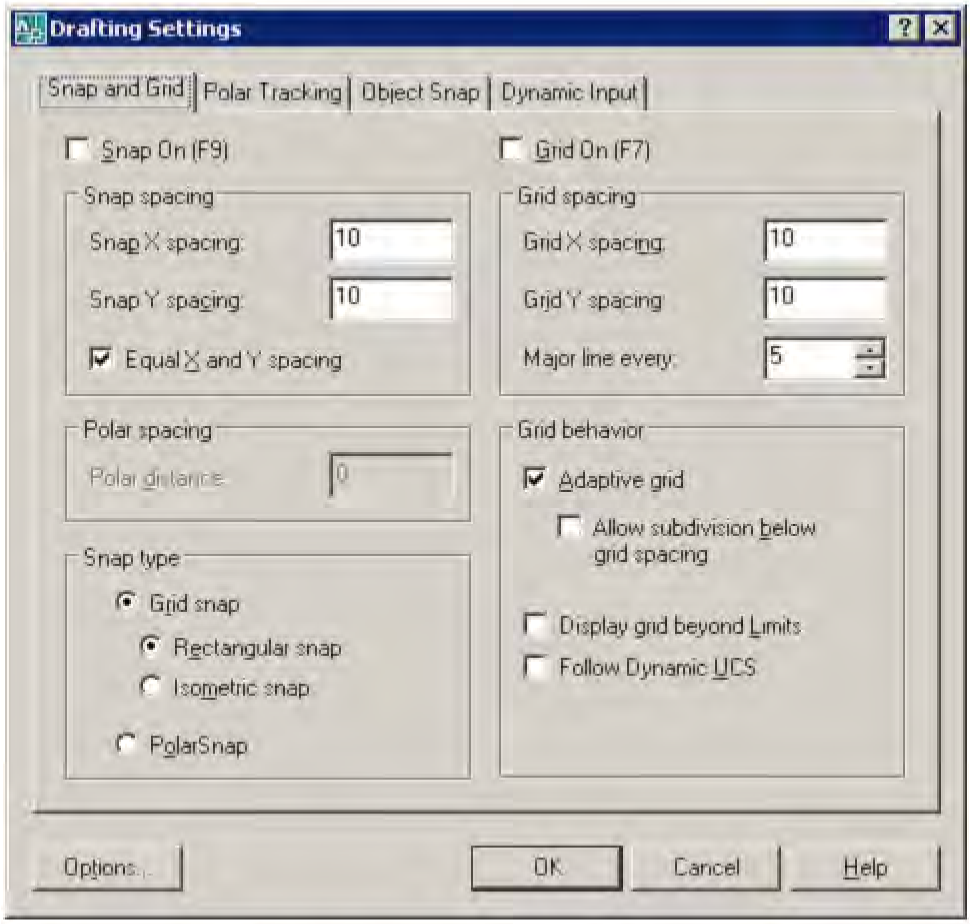
   Pengaturan ini berfungsi untuk menentukan system units atau system satuan yang akan digunakan dalam menggambar. Dalam kotak dialog drawing units tersebut juga ada Precision yang berfungsi untuk mengatur presisi gambar atau tingkat ketelitian.



Gambar 2.3 Kotak Dialog Drawing Units

3. Pengaturan Snap dan Grid

Fungsi pengaturan Snap dan Grid adalah untuk membuat gambar yang presisi. Pengaturan ini bisa dilakukan melalui kotak dialog Drafting Setting, di mana grid merupakan satuan yang dipergunakan pada saat menggambar, sedangkan snap berfungsi untuk membuat gambar selalu lurus, baik horizontal maupun vertical.



Gambar 2.4. kotak dialog Drafting Setting

C. PERINTAH MENGGAMBAR

Untuk melakukan penggambaran dalam AutoCAD, perintah-perintah gambar bisa diambil melalui beberapa cara, yaitu dari Menu Pull-Down, Toolbar Draw, Screen Menu (menu layar), maupun dengan cara mengetik langsung pada keyboard. Adapun perintah gambar tersebut meliputi :



Gb.3.1 Toolbar draw

1. LINE

   Untuk membuat sebuah garis dengan cara menentukan dua buah titik ujung, dimana ujung dari garis sebelumnya merupakan titik awal dari garis berikutnya.

2. RAY

   Garis bantu dari satu titik tumpu ke satu arah yang lain dengan panjang tidak terbatas.

3. CONSTRUCTION LINE

   Garis bantu dari satu titik tumpu ke dua arah yang lain dengan panjang tidak terbatas.

4. MULTILINE

   Garis double yang bisa ditentukan posisi kursor, skala (jarak antar garis) maupun jenis garisnya.

5. POLYLINE

   Garis satu kesatuan yang dapat diatur ketebalanya pada awal - maupun ujungnya. Jenis lain dari polyline adalah 3D Polyline, dimana sifatnya sama dengan garis polyline tetapi pengaturan ketebalanya dapat dilakukan terhadap tinggi obyek.

6. POLYGON

   Polygon adalah perintah untuk membuat segi banyak dimana semua sisinya sama panjang. Adapun jumlah sisinya minimal 3 sedangkan maksimalnya adalah 1024.

7. RECTANGLE

   Rectangle adalah perintah untuk membuat kotak dengan cara menentukan titik diagonal. Rectangle dibuat dari Polyline, yaitu obyek yang semua segmenya merupakan satu besaran.

8. ARC

   Arc adalah perintah untuk membuat busur lingkaran atau garis - lengkung.

9. CIRCLE

   Circle adalah perintah untuk membuat lingkaran atau objek bulat yang tertutup.

10. DONUT

    Donut adalah perintah untuk membuat lingkaran dengan ketebalan tertentu. Dalam pembuatan ini harus ditentukan diameter dalam (Inside diameter) serta diameter luar (Outside diameter).

11. SPLINE

    Spline adalah perintah untuk membuat kurva spline dengan mengikuti beberapa titik kontrol yang dimasukkan sesuai dengan besar - toleransinya.

12. ELLIPSE

    Ellipse adalah perintah untuk membuat elips, yaitu suatu kurva (obyek ertutup yang melengkung) yang memiliki dua sumbu, yaitu sumbu mayor dan sumbu minor.

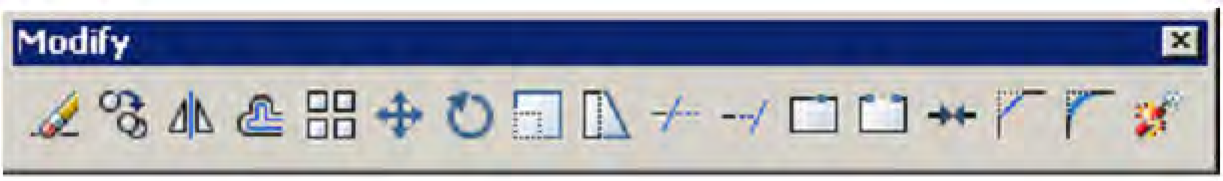
13. POINT

Point adalah perintah untuk membuat sebuah titik. Adapun defaultnya bentuk titik adalah noktah, akan tetapi bentuk tersebut bisa diubah sesuai dengan keinginan.

D. PENGEDITAN GAMBAR

Dalam proses pembuatan gambar dengan AutoCAD, sering kali dijumpai kesalahan-kesalahan yang mungkin tidak disengaja. Oleh karena itu AutoCAD menyediakan fasilitas pengeditan gambar yang bisa diambil melalui menu Modify. Perintah tersebut bisa diambil dari menu bar atau diketik langsung melalui keyboard.

1. PERINTAH EDIT GAMBAR



Gambar 4.1. Toolbar Modify

1. ERASE

   Erase adalah perintah untuk menghapus satu atau sekumpulan obyek yang telah dibuat.

2. COPY

   Copy adalah perintah untuk memperbanyak obyek atau menyalin satu / sekumpulan obyek.

3. MIRROR

   Mirror adalah perintah untuk mencerminkan satu atau sekumpulan obyek, yaitu membuat obyek baru yang sama dengan obyek yang dipilih tetapi posisinya terbalik. Cara pembuatanya adalah dengan membuat dua titik di layar sebagai sumbunya (cermin). Posisi obyek baru tergantung dari posisi cermin tersebut.

4. OFFSET

   Offset adalah perintah untuk menyalin obyek secara pararel. Selain bisa dimasukkan langsung jarak offsetnya, bisa juga dilakukan dengan cara menunjuk langsung di layar.

5. ARRAY

Array adalah perintah untuk menyalin atau memperbanyak secara massal dengan pola atau susunan yang teratur. Adapun Array ada dua jenis, yaitu Array Rectangular (pola grid) dan Array Polar (pola melingkar).

6. MOVE

Move adalah perintah untuk memindahkan suatu obyek atau sekumpulan obyek dari suatu tempat ketempat yang lain.

7. ROTATE

Rotate adalah perintah untuk memutar satu atau sekumpulan obyek dengan cara menentukan titik acuan (base point) sebagai sumbu putar, sedangkan sudut puternya bisa ditentukan dengan memasukkan angka melalui keyboard atau diklik langsung di layar.

8. SCALE

Scale adalah perintah untuk mengubah ukuran satu atau sekumpulan obyek (memperbesar maupun memperkecil) secara beraturan, dengan cara menentukan faktor skala. Apabila skala lebih besar dari 1 (satu), maka obyek akan diperbesar, tetapi apabila kurang dari 1 (satu) maka obyek akan diperkecil.

9. STRETCH

Stretch adalah perintah untuk mengubah sebagian dari obyek, baik memperbesar atau memperkecil. Adapun metoda yang digunakan untuk memilih obyek tersebut adalah crossing.

10. LENGTHEN

Lengthen adalah perintah untuk mengubah panjang garis atau busur. Ada beberapa metoda perubahan panjang, apakah delta panjang, panjang total, persentasi perubahan panjang maupun perubahan panjang secara dinamik.

11. TRIM

Trim adalah perintah untuk memotong obyek dengan menggunakan obyek pembatas.

12. EXTEND

Extend adalah perintah untuk memperpanjang obyek dengan menggunakan obyek pembatas. Adapun yang dimaksud dengan pembatas tersebut adalah obyek yang memiliki potensi untuk berpotongan dengan obyek yang akan diperpanjang.

13. BREAK

Break adalah perintah untuk memotong obyek tanpa obyek pembatas atau untuk memotong obyek yang berada diantara dua titik yang ditentukan.

14. CHAMFER

Chamfer adalah perintah untuk memangkas sudut atau untuk menghubungkan dua garis dengan garis lurus baru yang mempunyai kemiringan tertentu.

15. FILLET

Fillet adalah perintah untuk melengkungkan sudut atau untuk menghubungkan ujung-ujung dari dua buah obyek dengan sebuah busur.

2. FASILITAS OBYEK SNAP (OSNAP)

Obyek Snap (OSNAP) adalah fasilitas bantu AutoCAD yang berfungsi untuk mengunci obyek pada titik tertentu sehingga kursor akan menangkap titik tersebut. Agar hasil gambar yang dibuat bisa akurat dan sempurna, maka fasilitas ini mutlak dibutuhkan. Osnap terdiri dari dua jenis, yaitu **Osnap Sementara** dan **Osnap Permanen**.

Osnap sementara hanya berlaku untuk satu kali tangkapan saja sedangkan Osnap permanen dapat diaktifkan sebelum menggambar, dan akan terus aktif sampai dimatikan kembali.



Gb.4.2. Fasilitas Obyek Snap

Fasilitas :

- *Endpoint* : untuk menangkap titik ujung.
- *Midpoint* : untuk menangkap titik tengah.
- *Intersection* : menangkap titik perpotongan antara dua obyek berpotongan.
- *Apparent Intersection* : menangkap titik perpotongan dua obyek yang tidak ketemu.
- *Center* : untuk menangkap titik pusat.
- *Quadrant* : menangkap titik kuadran lingkaran, yaitu 0, 90, 180 dan 270.
- *Tangent* : menangkap titik singgung lingkaran atau busur.
- *Perpendicular* : menangkap titik yang tegak lurus terhadap garis lingkaran dan busur.
- *Node* : untuk menempatkan sesuatu pada titik.
- *Insert* : untuk menangkap titik sisip.
- *Nearest* : untuk menangkap titik terdekat dari sebuah obyek.

- *None* : untuk mematikan Osnap yang sedang bekerja secara permanen

E. PENGATURAN TAMPILAN GAMBAR

Hal yang tidak kalah pentingnya dengan perintah menggambar, mengedit dan beberapa fasilitas bantunya adalah pengaturan layar (bidang gambar), seperti mengatur besar gambar di layar agar sesuai dengan kebutuhan, menggeser layar dan sebagainya.

Untuk memperbesar area pengamatan gambar agar lebih mudah dilakukan proses penyuntingan atau pengeditan obyek, maka disediakan fasilitas Zoom yang terdapat dalam menu View. Adapun fungsi zoom yang spesifik adalah untuk mengendalikan / mengatur tampilan.

1. PERINTAH ZOOM

- Real Time : untuk melakukan zoom secara interaktif, gerakan ke atas akan memperbesar tampilan, gerakan ke bawah akan memperkecil.
- Previous : untuk mengembalikan pandangan di layar pada zoom sebelumnya.
- Window : untuk mengatur tampilan dengan cara membuat jendela.
- Dynamic : untuk memperbesar/ memperkecil pandangan dengan mengubah ukuran focus.
- Scale : untuk melakukan zoom dengan cara memasukkan angka sebagai faktor skala.
- Center : untuk menampilkan gambar dengan menentukan titik pusat layar serta tinggi layar.
- In / Out : untuk memperbesar/ memperkecil tampilan dengan mengisi faktor.
- All : untuk menampilkan seluruh gambar beserta daerah limitsnya.
- Extents : untuk menampilkan seluruh gambar secara maksimal di layar tanpa ada bagian yang terpotong.

2. PERINTAH PAN

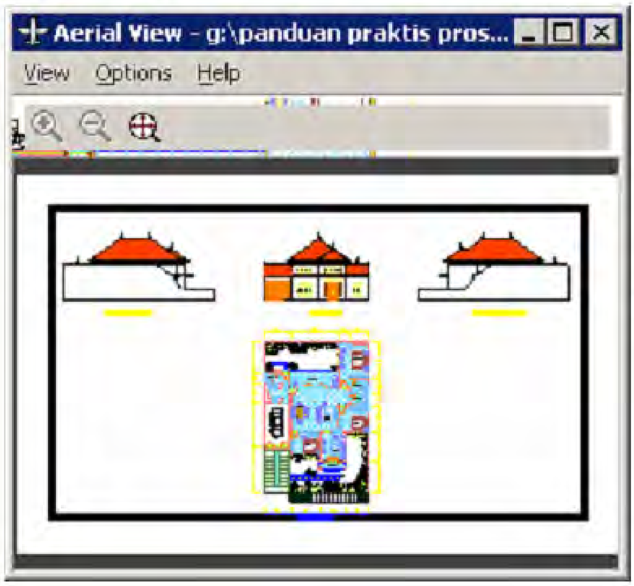
Perintah Pan digunakan untuk menggeser bidang gambar tanpa terjadi perubahan pengamatan bidang gambar. Perintah Pan diambil dari menu View.

Pilihan yang tersedia dalam perintah Pan adalah :

- Real Time : untuk menggeser layar secara dinamik.
- Point : untuk menggeser layar dengan cara menentukan dua titik di layar. Layar akan bergeser sejauh jarak antara titik pertama dan titik kedua.
- Left : untuk menggeser layar dengan cara menentukan dua titik di layar. Layar akan bergeser sejauh jarak antara titik pertama dan titik kedua.
- Right : untuk menggeser bidang gambar ke kanan layar.
- Up : untuk menggeser bidang gambar ke atas layar.
- Down : untuk menggeser bidang gambar ke bawah layar.

3. AERIAL VIEW

Aerial View berfungsi untuk melakukan pengamatan secara langsung terhadap tampilan bidang gambar (zoom dan pan). Setelah jendela Aerial View tampil di layar monitor, ukuran maupun letaknya bisa diatur sesuai keinginan. Adapun salah satu kelebihan Aerial View adalah pada saat melakukan proses penggambaran dapat dilakukan zoom dan pan secara langsung tanpa harus mengambil perintah dari menu bar.



Gambar 5.1. Jendela Aerial View

4. PENGATURAN TAMPILAN GAMBAR YANG LAIN

- Redraw : untuk membersihkan tampilan gambar pada saat pengeditan berlangsung.

- Regen : untuk meregenerasi gambar setelah dilakukan pengeditan pada salah satu viewport yang aktif
- Regenall : untuk meregenerasi gambar setelah dilakukan pengeditan pada semua viewports.

F. MEMBUAT LAYER

Layer adalah suatu lapisan pada gambar yang berfungsi untuk mengelompokkan gambar menurut kriteria tertentu, misalnya berdasarkan jenis obyeknya, bidang pekerjaanya dan sebagainya. Lapisan tersebut bisa diibaratkan sebagai kertas transparan.

Lapisan gambar di sini bisa diaktifkan, disembunyikan, diatur warnanya serta tipe garisnya. Defaultnya AutoCAD menyediakan sebuah lapisah bernama 0, apabila kita tidak membuat lapisan baru, maka gambar kita akan ditempatkan pada lapisan 0.

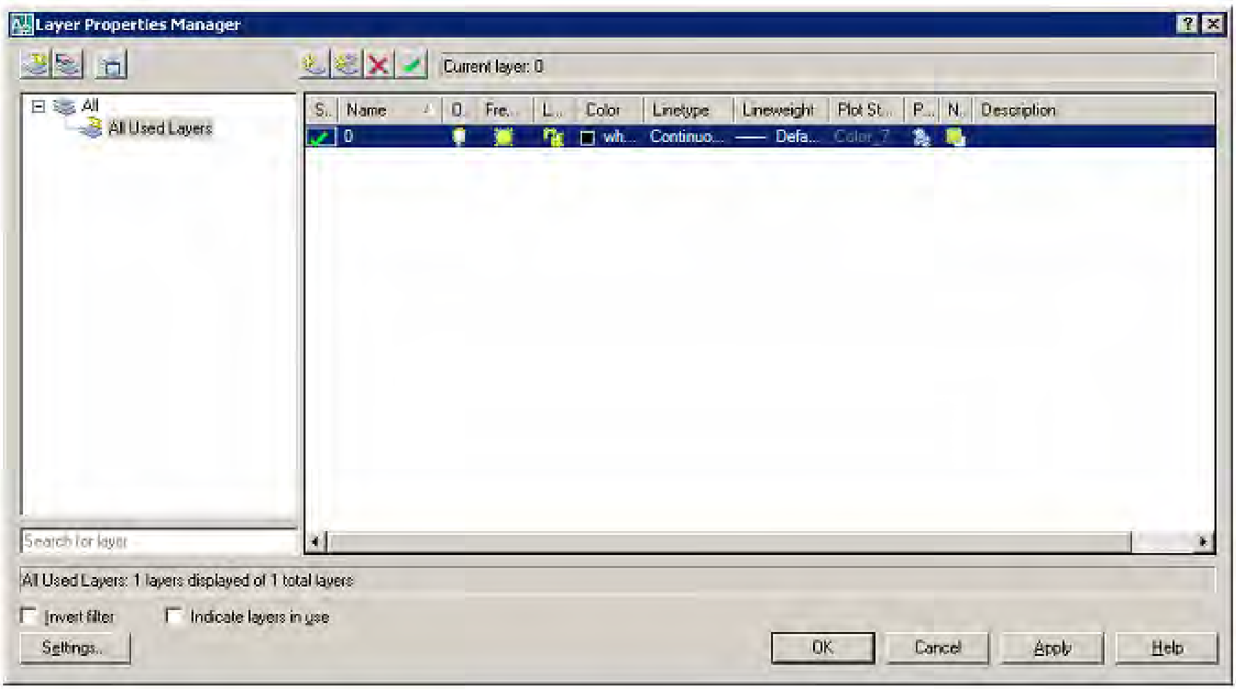


Gb. 6.1. Toolbar Layers



Gb. 6.2. Toolbar Properties

Pada AutoCAD 2000 kedua toolbar ini tergabung dalam toolbar Object Properties.



Gb. 6.3. Kotak Dialog Properties Manager

Layer juga bermanfaat untuk membantu kita apabila kita membutuhkan sebuah gambar yang sama untuk beberapa lembar yang berbeda, misalnya jika kita akan membuat denah lantai tipikal untuk gedung bertingkat banyak.

Adapun cara membuat lapisan layer baru bisa dilakukan dengan membuka menu Format kemudian pilih Layer dan ketik nama layer tersebut.

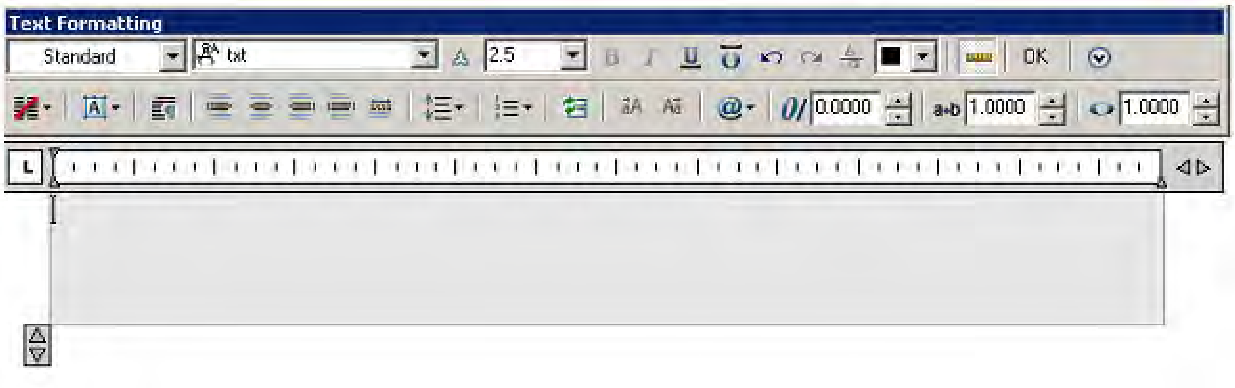
G. TEXT DAN DIMENSI

Suatu tahapan akhir dari proses pembuatan gambar adalah finishing, di mana pada tahapan ini dilakukan proses pemberian keterangan pada gambar baik berupa teks untuk keterangan, maupun dimensi untuk ukuran gambar.

1. PERINTAH TEXT

Text adalah perintah untuk menuliskan huruf atau teks. Di dalam perintah ini bisa ditentukan beberapa karakteristik teks seperti lokasi penyisipan teks, tinggi teks, arah atau sudut teks maupun style dari teks.

Adapun perintah text bisa diambil dari menu Draw kemudian dipilih text. Di dalam penulisan text ini AutoCAD menyediakan dua jenis system penulisan, yaitu Single Line Text serta Multi Line Text. Single Line Text berfungsi untuk menuliskan teks satu baris, sedangkan Multi Line Text berfungsi untuk menuliskan teks dalam bentuk paragrap, di mana di dalam Multi Line Text ini disediakan kotak dialog Multiline Text Editor yang berfungsi untuk pengaturan dan pengeditan teks yang ditulis. Pengaturan di sini meliputi pemilihan jenis huruf, ukuran, penebalan, garis bawah serta cetak miring, penyisipan simbol-simbol maupun efek-efek penulisan yang lain.



Gambar. Kotak Dialog Multiline Text Editor

2. PENULISAN KARAKTER KHUSUS TEKS

Karakter khusus yang terdapat dalam proses penggambaran kadang sangat diperlukan, untuk itu AutoCAD menyediakan beberapa efek khusus untuk membuat karakter yang tidak terdapat pada keyboard sebagai berikut :

- %%o : untuk membuat teks bergaris atas
- %%u : untuk membuat teks bergaris bawah
- %%d : untuk menuliskan derajat (^{o})
- % %p : untuk menuliskan karakter plus minus (±)
- % % c : untuk menuliskan karakter diameter (Ø)
- %%% : untuk menuliskan karakter persen (%)

3. PENGATURAN (LAY OUT) TEXT

Pengaturan tata letak (lay out) teks dalam AutoCAD bersifat kondisional, artinya pada waktu menuliskan keterangan gambar sering kali letak teks dibatasi oleh bentuk dan ukuran gambar, oleh karena itu sebaiknya sebelum melakukan penulisan text dilakukan pengaturan tata letak teks yang akan ditulis. Dengan memilih Single Line Text, kemudian

ketik Justify, maka akan ditampilkan beberapa pilihan pengaturan teks sesuai dengan yang dinginkan. Adapun jenis-jenis pilihan tersebut adalah :

3. DIMENSI (UKURAN)

Dimensi berfungsi untuk mengukur dan menuliskan hasil pengukuran ke dalam area gambar (layar). AutoCAD mempunyai pengukuran semi otomatik, hal ini berarti AutoCAD mampu mengukur secara akurat sekaligus menuliskan hasil pengukuran tersebut ke dalam gambar.

Bentuk dan tampilan dimensi tersebut bisa dirubah sesuai dengan kebutuhan. Adapun cara untuk merubah format tampilan tersebut bisa dilakukan dengan membuka menu Format kemudian pilih Dimension Style. Setelah keluar kotak dialog Dimension Style Manager, maka bisa dilakukan pengaturan komponen dimensi utama, yaitu Garis dimensi, Garis ekstension, Teks dimensi maupun tanda panah.

Dimensi bisa diakses langsung dari menu pull-down maupun dari floating toolbar, yaitu dengan cara klik menu View lalu pilih toolbar kemudian pilih Dimension. Bentuk floating toolbars dimensi adalah sebagai berikut :



Gambar. Floating Toolbars Dimension

Keterangan :

- *Linear* : untuk mengukur garis vertikal dan horisontal
- *Aligned* : untuk mengukur garis miring/diagonal
- *Ordinate* : untuk mengetahui koordinat pada suatu titik
- *Radius* : untuk mengukur radius lingkaran atau busur
- *Diameter* : untuk mengetahui diameter lingkaran atau busur
- *Angular* : untuk mengukur sudut
- *Baseline* : untuk membuat dimensi dengan titik awal sama
- *Continue* : untuk membuat dimensi beraturan
- *Leader* : untuk memberikan keterangan gambar

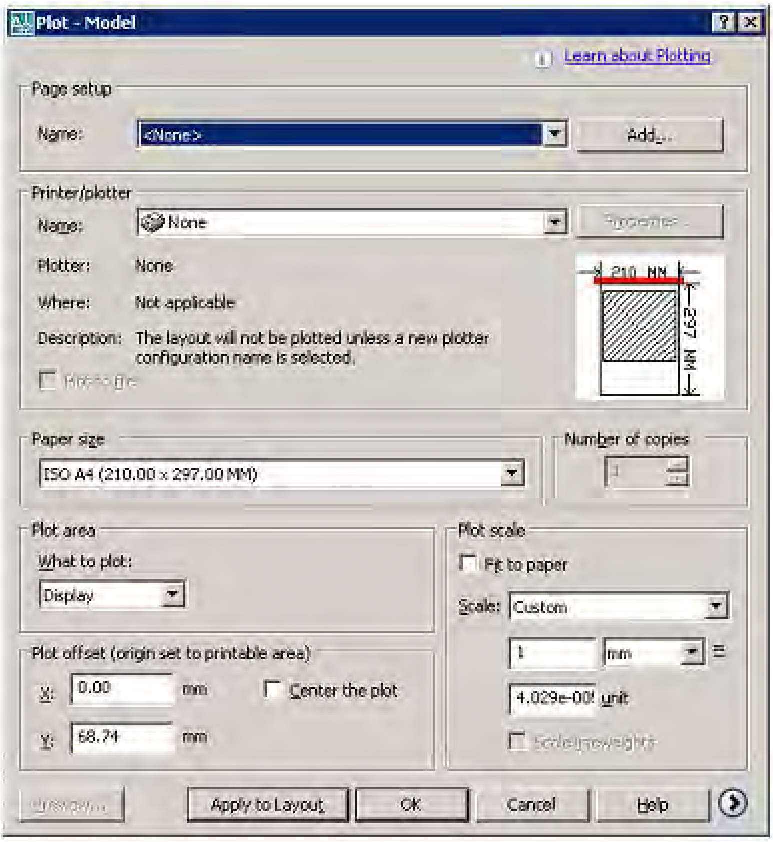
H. MENCETAK GAMBAR

1. MELAKUKAN PENCETAKAN

Suatu tahapan terakhir dalam proses pembuatan gambar adalah melakukan pencetakan pada lembar kerja (kertas). Dalam tahap ini pengaturan skala cetak harus dilakukan, sehingga skala gambar hasil cetakan bisa sesuai dengan yang diinginkan.

Untuk mencetak sebuah gambar bisa dilakukan dengan mengambil perintah dari menu File kemudian diplih Plot, setelah itu akan keluar kotak dialog Plot dan pengaturan pencetakan bisa mulai dilakukan.

Plot adalah perintah untuk mencetak gambar ke dalam lembar kerja dengan alat pencetak yang telah dikonfigurasi ke dalam sistem, baik printer plotter maupun ke dalam file. Hanya file aktif yang akan dicetak oleh AutoCAD, tetapi kita bisa memilih daerah tertentu pada area gambar yang akan dicetak dengan pilihan Limits, Display, Extents maupun Window.



Gambar. Kotak Dialog Plot

2. MENGHITUNG SKALA CETAK

Skala cetak mempunyai peran yang sangat penting bagi gambar-gambar berskala tertentu, sebab perbedaan ukuran gambar bisa menyebabkan melesetnya beberapa perhitungan desain dan perkiraan biaya.

Hal yang sangat penting diperhatikan dalam pencetakan adalah penghitungan skala cetak yang tepat. Apapun jenis satuan panjang yang kita gunakan (cm, m, km) tidak jadi masalah yang penting adalah pada saat mencetak satuan tersebut di-konversikan ke dalam millimeter.

Apabila gambar kita mempunyai skala tertentu, maka dapat digunakan persamaan dasar sebagi berikut :

Satuan gambar di layar (mm) = Skala gambar

Misalnya skala gambar denah 1:100, gambar tersebut dengan satuan meter (1 unit di layar = 1m). Maka konversikan dulu 1 m = 1000 mm. Jadi skala cetak adalah 1000 = 100, di mana 1000 adalah hasil konversi dari meter ke millimeter dan 100 merupakan skala gambar yang digunakan.

BEBERAPA KOMPONEN PERANGKAT KERAS CAD

Proses pembuatan gambar teknik pada komputer dikenal sebagai rancangan yang dibantu komputer (*Computer Aided Design* = *CAD*), dan merupakan perkembangan yang paling signifikan yang terjadi baru-baru ini di bidang ini. Hal ini telah merevolusi cara kita menyiapkan gambar.

Bagian gambar dari suatu proyek seringkali terhambat karena membutuhkan begitu banyak waktu. Juru gambar menghabiskan sekitar dua pertiga waktu mereka "meletakkan pensil."

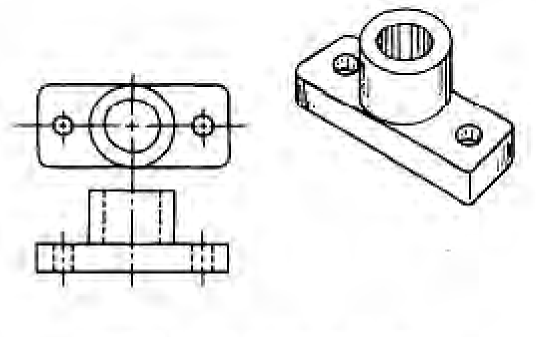


Figure 2-12.—Example of an ellipse.

Gambar 2.12. Contoh sebuah elips

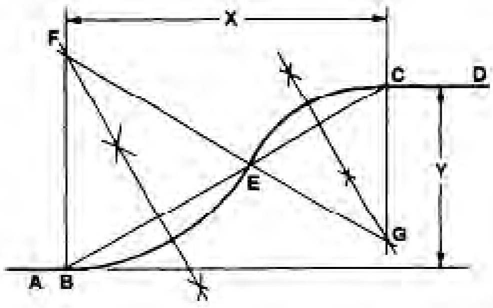


Figure 2-13.—A reverse (ogee) curve connecting two parallel planes.

Gambar 2.13. Kurva berbalik menghubungkan dua bidang paralel

Tapi pada *CAD*, Anda dapat membuat perubahan desain lebih cepat, menghasilkan lebih cepat waktu penyelesaian.

CAD juga dapat membebaskan Anda dari banyak tugas membosankan seperti menggambar ulang. Begitu Anda telah membuat gambar Anda dapat menyimpannya pada disk. Anda kemudian dapat memanggilnya setiap saat dan mengubahnya dengan cepat dan mudah.

Ini mungkin tidak praktis untuk menangani semua beban kerja menggambar pada sistem CAD. Meskipun Anda dapat melakukan sebagian besar desain dan kerja gambar lebih cepat pada CAD, Anda masih perlu menggunakan metode tradisional untuk yang lain. Sebagai contoh, Anda dapat merancang proyek-proyek elektronik dan konstruksi tertentu lebih cepat pada meja gambar.

Sebuah sistem CAD tidak dengan sendirinya dapat berbuat, melainkan hanya sebagai alat tambahan dan lebih efisien. Anda harus menggunakan sistem untuk membuat gambar, sehingga Anda harus memiliki latar belakang yang baik dalam merancang dan menggambar.

Dalam gambar manual, Anda harus memiliki keterampilan untuk menggambar garis dan huruf dan menggunakan peralatan seperti meja dan mesin gambar, dan alat bantu menggambar bantu seperti jangka, busur derajat, segitiga, tepi paralel, skala, dan mal (*template*). Dalam CAD, walaupun Anda tidak memerlukan barang-barang itu. Sebuah tabung sinar katoda, sebuah central processing unit (*CPU*), *digitizer*, dan *plotter* dapat menggantikannya. Gambar 2.14 menunjukkan beberapa item di sebuah tempat kerja komputer. Kami akan menjelaskan masing-masing kemudian dalam bagian ini.

MENGHASILKAN GAMBAR PADA *CAD*

Sebuah komputer *CAD* berisi program untuk menggambar yang adalah satu set instruksi rinci untuk komputer. Ketika Anda membuka program, layar menampilkan setiap fungsi atau instruksi yang harus Anda ikuti untuk membuat gambar.

Program CAD yang tersedia untuk Anda berisi semua simbol yang digunakan dalam menggambar mekanik, listrik, atau arsitektur. Anda akan menggunakan keyboard dan / atau mouse untuk memanggil simbol gambar yang Anda butuhkan saat Anda membutuhkannya. Contohnya adalah karakter, pola grid, dan tipe jalur. Ketika Anda mendapatkan simbol yang Anda inginkan pada layar, Anda akan memesan komputer dengan ukuran, memutar, memperbesar, atau menguranginya, dan posisi mereka di layar untuk menghasilkan gambar yang Anda inginkan. Anda mungkin kemudian akan memerintahkan komputer untuk mencetak produk akhir dan menyimpannya untuk digunakan kemudian.

Komputer juga berfungsi sebagai sistem pengarsipan untuk setiap simbol gambar atau gambar lengkap disimpan dalam memorinya atau pada disk. Anda dapat memanggil informasi ini setiap saat dan mengcopy atau merevisinya untuk menghasilkan simbol atau gambar yang berbeda.

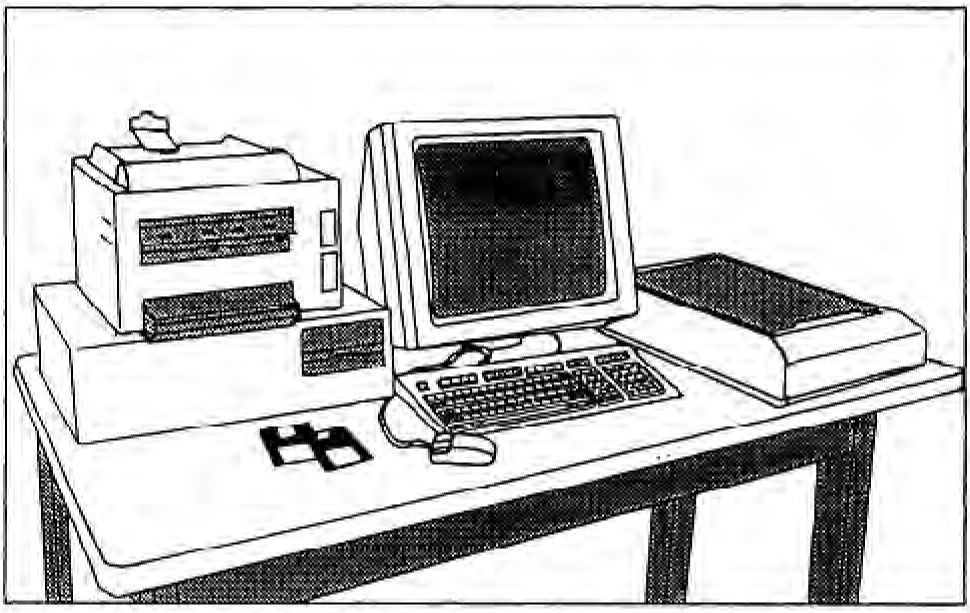


Figure 2-14.—Computer work station.

Gambar 2.14 Tempat Kerja Komputer

Dalam paragraf berikut, kita akan membahas bagian-bagian lain dari sistem CAD, digitizer, plotter, dan printer.

Digitizer

Papan *digitizer* digunakan dalam hubungannya dengan program *CAD*, yang memungkinkan penggambar untuk mengubah dari perintah untuk perintah dengan mudah. Sebagai contoh, Anda dapat berpindah dari fungsi menggambar garis ke sebuah fungsi busur tanpa menggunakan tombol fungsi atau menu bar untuk mengubah modus operasi. Gambar 2.15 mengilustrasikan sebuah papan (*tablet*) digitizer yang khas.

Plotter

Sebuah *plotter* (gbr. 2.16) digunakan terutama untuk mentransfer gambar atau *image* dari layar komputer ke beberapa bentuk media menggambar. Bila Anda telah selesai memproduksi gambar pada *CAD*, Anda akan memesan komputer untuk mengirim informasi ke *plotter*, yang kemudian akan mereproduksi gambar dari layar komputer. Sebuah jenis garis plotter digital adalah perangkat keluaran (*output*) grafik elektro mekanik yang mampu menggerakkan seccara dua dimensi antara pena dan media menggambar. Karena gerakan digital, suatu plotter dianggap sebagai perangkat vektor .

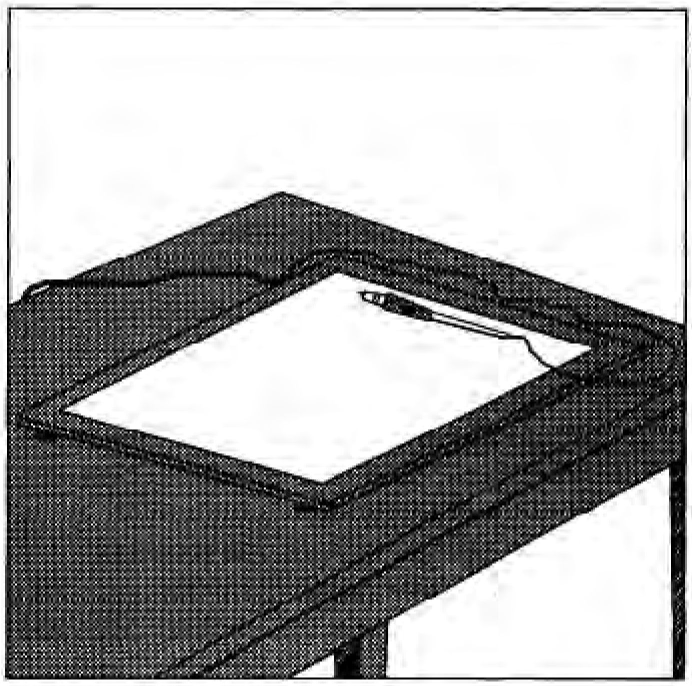


Figure 2-15.—Basic digitizer tablet.

Gambar 2.15 Papan Digitzer Dasar (*Basic Digitzer Tablet*)

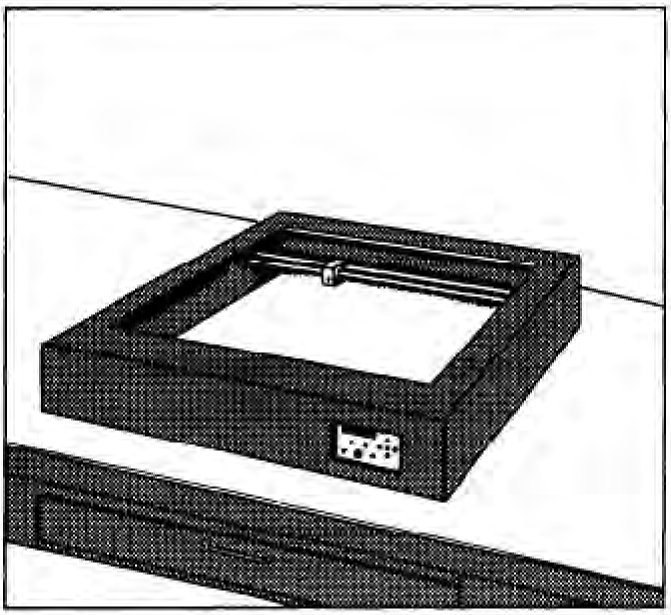


Figure 2-16.—Typical plotter.

Gambar 2.16 Jenis *Plotter*

Anda biasanya akan menggunakan pena tinta plotter untuk menghasilkan salinan permanen dari gambar. Beberapa jenis umum adalah tinta basah, ujung bulu (*felt tip*), atau bola cair, dan mereka mungkin warna tunggal atau ganda. Pena ini akan menggambar pada berbagai jenis media seperti vellum dan Mylar. Gambar-gambar yang berkualitas tinggi, seragam, tepat, dan mahal. Ada perangkat yang lebih cepat, perangkat output kualitas rendah seperti printer dibahas dalam bagian berikutnya, tetapi kebanyakan gambar CAD diproduksi pada plotter.

Printer

Printer adalah perangkat output komputer yang menduplikasi tampilan layar dengan cepat dan nyaman. Kecepatan adalah keuntungan utama, ia jauh lebih cepat daripada merencanakan. Anda dapat menyalin tampilan grafik yang kompleks pada layar yang mencakup kombinasi dari simbol grafis dan nongraphic (teks dan karakter). Mengcopy, bagaimanapun, tidak mendekati tingkat kualitas yang dihasilkan oleh plotter pena. Oleh karena itu, digunakan terutama untuk memeriksa cetakan daripada membuat salinan akhir. Hal ini, misalnya, sangat berguna untuk gambaran (*preview*) cepat di berbagai langkah-langkah perantara dari sebuah proyek desain.

Dua jenis printer yang umum digunakan adalah dot matrix (gbr. 2.17) dan laser (gbr. 2.18). Printer laser menawarkan kualitas yang lebih baik dan umumnya lebih mahal.



Figure 2-17.—Dot matrix printer.

Gambar 2.17 Printer Dot Matrik

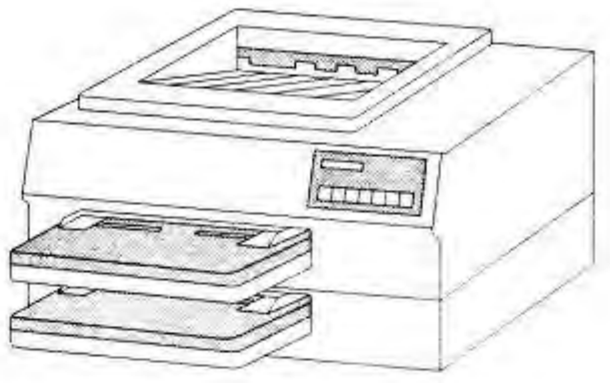


Figure 2-18.—Laser jet printer.

Gambar 2.18 Printer Laser Jet

PERANCANGAN DIBANTU KOMPUTER

Anda telah membaca sebelumnya dalam bab ini bagaimana kita menggunakan teknologi komputer untuk membuat cetak biru. Sekarang Anda akan belajar bagaimana seorang mekanik menggunakan grafis komputer untuk lay out geometri komponen, dan bagaimana komputer pada mesin menggunakan desain untuk memandu mekanik seperti mereka membuat komponen. Tapi pertama-tama kami akan memberikan gambaran singkat mengenai kontrol numerik (*Numerical Control* = *NC*) di bidang permesinan.

NC adalah proses dimana mesin dikendalikan oleh media masukan untuk menghasilkan komponen mesin. Media masukan yang paling umum digunakan di masa lalu adalah pita magnetik, kartu tekan, dan pita tekan. Saat ini, sebagian besar mesin-mesin baru, dalam kegiatan pemeliharaan dan perbaikan, dikendalikan oleh komputer dan dikenal sebagai sistem komputer kontrol numerik (*Computer Numerical Control* = *CNC*). Gambar 2.19 menunjukkan sebuah stasiun pemrograman *CNC* di mana seorang mekanik memprogram mesin untuk melakukan pekerjaan tertentu.

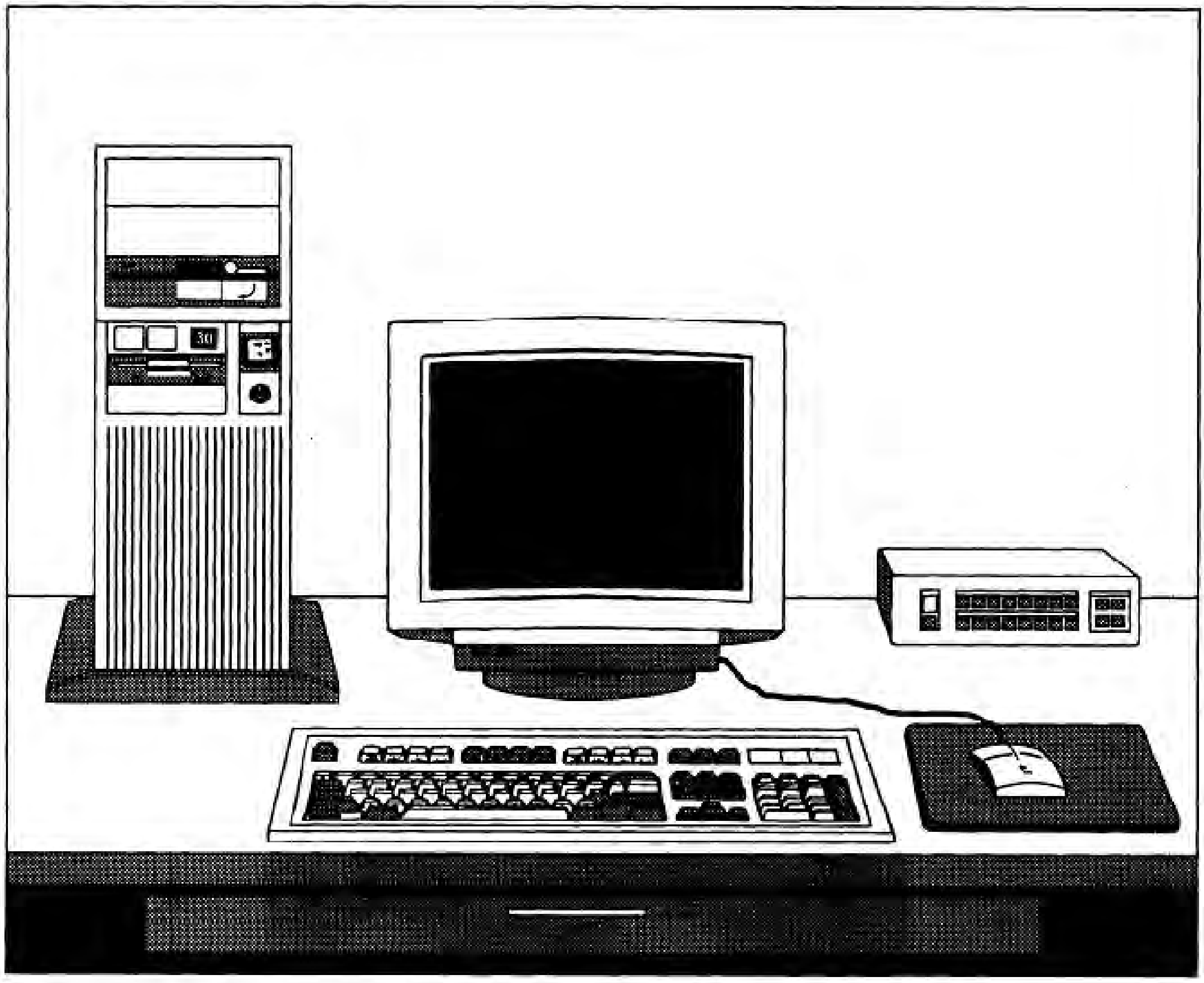


Figure 2-19.—CNC programming station.

Gambar 2.19 Stasion Pemrograman CNC

Mesin *NC* memiliki banyak keuntungan. Yang terbesar adalah gerakan posisi yang tepat dan cepat yang mungkin. Sebuah mesin *NC* tidak berhenti pada akhir pemotongan untuk merencanakan langkah selanjutnya. Tidak bisa lelah dan ia mampu sebagai mesin tanpa gangguan, bebas dari kesalahan, jam demi jam. Di masa lalu, mesin NC yang digunakan untuk produksi massal karena pesanan kecil terlalu mahal. Tapi *CNC* memungkinkan mekanik yang memenuhi syarat untuk memprogram dan menghasilkan komponen tunggal secara ekonomis.

Pada *CNC*, mekanik memulai dengan cetak biru, gambar lain, atau sampel dari komponen yang akan dibuat. Kemudian ia menggunakan keyboard, mouse, digitizer, dan/ atau pena ringan untuk menentukan geometri dari komponen ke komputer. Gambar ditampilkan pada layar komputer di mana mekanik mengedit dan membuktikan rancangannya. Bila puas, mekanik menginstruksikan komputer untuk menganalisis geometri bagian dan menghitung jalur alat yang akan diperlukan untuk mengerjakan komponen dengan mesin. Setiap jalur alat diterjemahkan ke dalam urutan rinci dari gerakan sumbu mesin dan memberi perintah mesin untuk menghasilkan komponen .

Instruksi yang dihasilkan komputer dapat disimpan dalam memori komputer sentral, atau pada disk, untuk transfer langsung ke satu atau lebih peralatan mesin CNC yang akan membuat komponen-komponen. Hal ini dikenal sebagai kontrol numerik langsung (Direct Numerical Control = *DNC*). Gambar 2.20 menunjukkan diagram dari stasiun pengendali, dan gambar 2.21 menunjukkan controller.

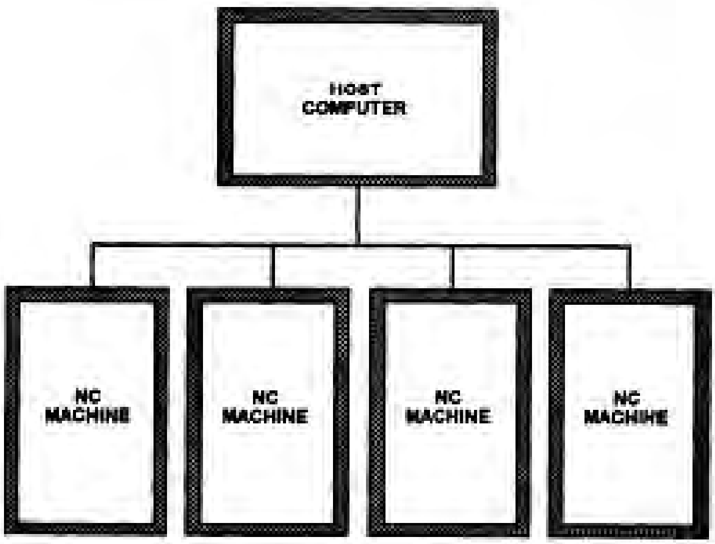


Figure 2-20.—Direct numerical control station.

Gambar. Stasiun Kontrol Numeric Langsung

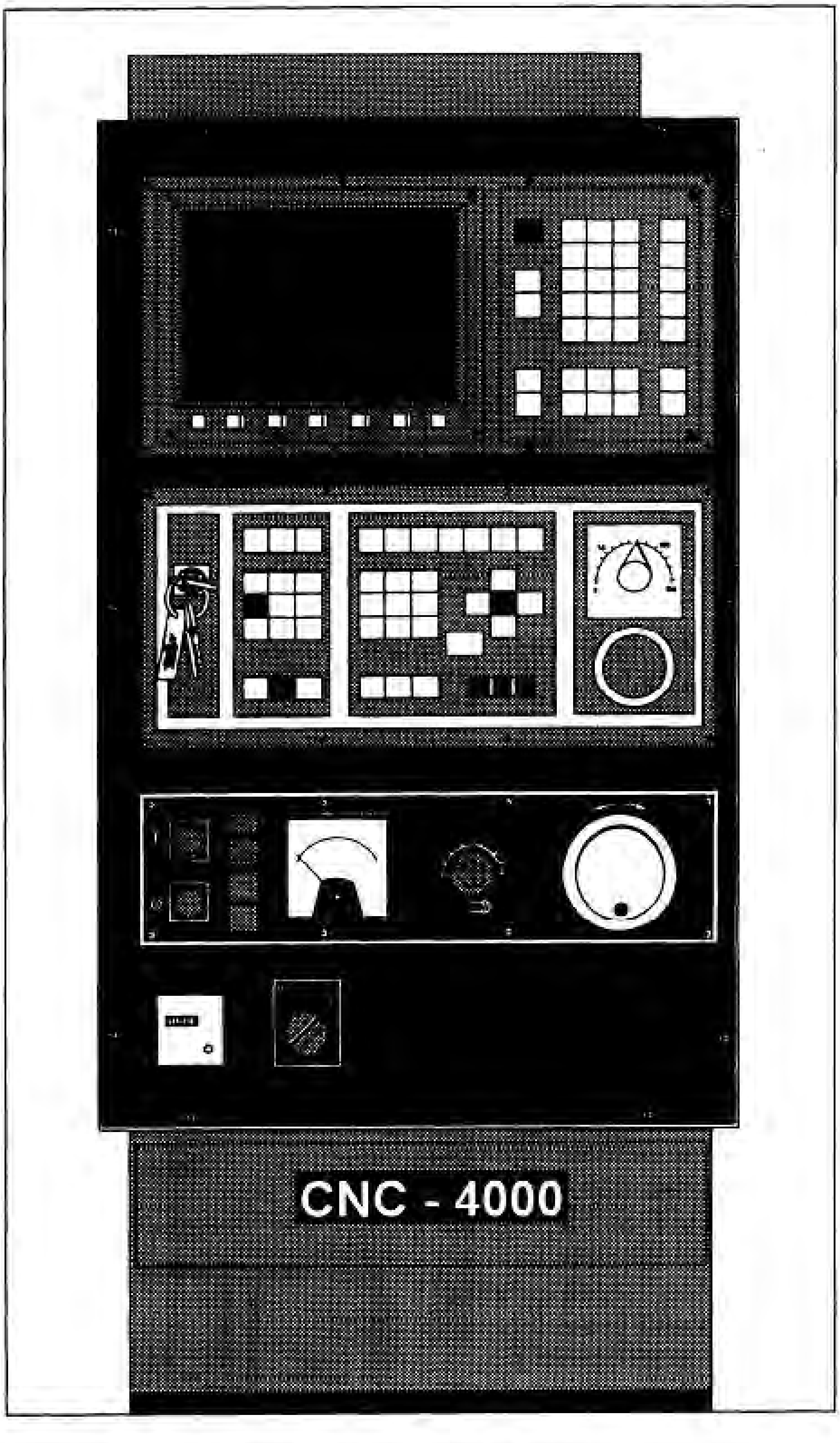


Figure 2-21.—Direct numerical controller.

Sistem yang membuat semua kemungkinan ini dikenal sebagai perancangan berbantuan komputer (*Computer-Aided Design* = *CAD*) atau manufaktur dibantu komputer (*Computer-Aided Manufacturing* = CAM). Ada beberapa program perangkat lunak *CAD* / *CAM* dan mereka terus-menerus ditingkatkan dan dibuat lebih mudah digunakan.

Untuk menyatakan kesederhanaannya itu, *CAD* digunakan untuk menggambar bagian dan untuk menentukan jalur alat, dan *CAM* digunakan untuk mengubah jalur alat ke dalam kode-kode yang bisa dipahami oleh komputer pada mesin.

Kami ingin menekankan bahwa ini adalah gambaran singkat tentang *CNC*. Ini adalah pelajaran yang rumit dan banyak buku telah ditulis tentang hal itu. Sebelum Anda dapat bekerja dengan *CNC*, Anda akan membutuhkan baik pendidikan formal maupun pelatihan jabatan (*on-the-job training*).

Lembar Kerja Siswa

Coba kalian amati unit komputer yang ada di Laboratorium Komputer Sekolah, kemudian buatlah catatan tentang sebagai berikut:

1. Jumlah unit komputer yang ada
2. Perangkat keras yang ada pada tiap unit komputer
3. Spesifikasi tiap komponen perangkat keras yang ada
4. Sistem jaringan yang digunakan

Isikan tugas yang anda kerjakan pada tabel berikut ini

No.	Item	Keterangan
1	Jumlah unit komputer yang ada	....
2	Perangkat keras yang ada pada tiap unit komputer	....
3	Spesifikasi tiap komponen perangkat keras yang ada	....
4	Sistem jaringan yang digunakan	....

BAB III
EVALUASI

A. Attitude Skills

Evaluasi attitude skill dilakukan dengan pengamatan terhadap siswa selama melakukan kegiatan, yang meliputi: sikap siswa pada saat memperhatikan spesifkasi pekerjaan dengant tepat, menggunakan alat dengan tepat, menghitung kelonggaran dengan tepat, menetapkan titik awal dengan tepat, menggunakan material untuk mal dengan tepat, membuat mal sesuai sesuai dengan spesifikasi dan toleransi, menerapkan kelongaran dengan tepat, membuat mal sesuai mesin yang digunakan, memilih metode pembuatan gambar bentangan dengan tepat, menggunakan hasil penentuan kelonggaran pada perakitan, menggunakan stard kode dan simbol pada gambar bukaan, mengidentifikasi dan menghitung material dengan tepat.

Kriteria Penilaian Hasil Pengamatan Attitude Skill:

Siswa yang tidak memenuhi syarat pada lebih dari 30% dari komponen yang ada tidak lulus, dan yang memenuhi 70% lebih dinyatakan lulus.

B. Kognitif Skills

Evaluasi kognitif skill dilakukan dengan mengadakan tes formatif, butir-butir pertanyaan dan kriteria penilaian di buat untuk setiap kegiatan pembelajaran.

Kriteria penilaian tes formatif:

Siswa dapat menjawab dengan benar pada setiap butir, diberi skor satu, sedangkan bila tidak dapat menjawab dengan benar diberi skor nol. Siswa yang dapat menjawab minimal 70% soal/ pertanyaan dengan benar, diberi nilai: lulus, yang belum dapat, dinyatakan belum lulus.

C. Psikomotorik Skills

Evaluasi psikomotor skill dilakukan dengan melakukan pengamatan selama siswa melaksanakan kegiatan pembelajaran, yang meliputi: cara menggunakan alat gambar, menghitung ukuran kelonggaran, melukis dan menandai, memilih material, membuat mal, membuat gambar bentangan, menentukan besarnya kelonggaran pada pembuatannya, mengidentifikasi dan menerapkan standar kode dan simbol pada gambar bukaan, menghitung jumlah material.

Kriteria Penilaian Hasil Pengamatan Psikomotorik Skill:

Siswa yang tidak memenuhi syarat pada lebih dari 30% dari komponen yang ada tidak lulus, dan yang memenuhi 70% lebih dinyatakan lulus.

D. Produk/ Benda Kerja

Berikut ditunjukkan bobot penilaian hasil kegiatan pembelajaran siswa/siswa.

Bobot Penilaian Hasil Kegiatan Pembelajaran

Komponen yang Dinilai	Bobot Nilai	Keterangan
Produk	70 %	Gambar-gambar Tugas
Kognitif Skill	10 %	Tes-tes Formatif
Psikomotorik Skill	10 %	Pengamatan Selama Proses Belajar
Attitude Skill	10 %	Pengamatan Selama Proses Belajar
Total:	100 %	

Kriterial Penilaian Produk :

Peserta yang dapat membuat gambar dengan benar sesuai standar *Aircraft Drawing*, dinyatakan lulus, sebaliknya yang belum dapat memenuhi standar dinyatakan tidak lulus.

Kategori Kelulusan :

70 – 79 : Memenuhi kriteria minimal. Dapat bekerja dengan bimbingan.

80 – 89 : Memenuhi kriteria minimal. Dapat bekerja tanpa bimbingan.

90 – 100 : Di atas kriteria minimal. Dapat bekerja tanpa bimbingan.

E. Batasan Waktu

Batasan Waktu yang Ditetapkan

Uraian	Waktu	Keterangan
Setiap Tes Formatif	1,5 jam	Gambar-gambar Tugas
Setiap Pembuatan Gambar	5 jam	
Waktu Keseluruhan	120 jam	Untuk Dua Semester

F. Kunci Jawaban

Untuk setiap tes formatif kunci jawabannya dapat dilihat pada masing-masing kegiatan di depan. Sedangkan jawaban yang berkaitan dengan tugas-tugas gambar, pada lembar kerja yang sudah disampaikan.

BAB IV
PENUTUP

Untuk memperoleh rekomendasi lulus, maka siswa harus mengerjakan seluruh tugas yang diberikan pada buku bahan ajar ini. Siswa harus menjawab pertanyaan pada evaluasi kognitif skill, psikomotor skill, attitude skill, membuat gambar kerja kerja seperti pada lembar-lembar kerja dan dikerjakan sesuai batasan waktu yang ditetapkan. Nilai akhir adalah rerata dari nilai-nilai bagian tersebut dengan bobot tertentu.

Sertifikat dapat diberikan apabila siswa dinyatakan lulus berdasarkan nilai rerata tersebut. Untuk lulus siswa paling sedikit memperoleh nilai akhir 70. Sedangkan apabila nilainya belum mencapai 70 siswa dapat memperbaiki dengan mengulang bagian pekerjaan yang nilainya kurang.

Siswa yang ingin mengulang harus dengan persetujuan guru pembimbing. Dalam hal ini guru pembimbing akan memberi pengarahan pada bagian pekerjaan yang mana yang harus diulang oleh siswa. Setelah mendapat rekomendasi lulus pada bahan ajar ini, maka siswa dapat melanjutkan ke topik selanjutnya (Lihat peta kedudukan bahan ajar pada halaman di bagian depan).

DAFTAR PUSTAKA

Daryanto dkk. 1977. *Menggambar Teknik Mesin*, Jakarta, Depdikbud.

Dickason, A.. *Sheet Metal Drawing and Pattern Development*. Piman Publishing Ltd., London.

French, Thomas E, Etc. 1974. *Mechanical Drawing 8 th Edition*. New York, McGraw-Hil Book Company.

GMF Aero Asia. 2008. *Training Handbook Rev.0/08-03-2008*. Jakarta. GMF AeroAsia Garuda Indonesia Group

Harapan Utama. 2000. *Materi Pengajaran AutoCAD 2000*. Semarang: Lembaga Keterampilan Komputer Harapan Utama.

Smith, F,J.M., 1981. *Basic Fabrication and Welding Engineering*. Hong Kong. Wing Tai Cheung Pronting Co. Ltd.

Sugiharto. 1987. *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. Jakarta. Pradya Paramitha.

Supriyono dan Almeriany. 1983. *Gambar Teknik*. Solo: ATMI ST Mikael.

U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration. 2008. *Aviation Maintenance Technician Handbook—General (Chapter 2)*. Oklahoma City. Airmen Testing Standards Branch, AFS-630, P.O. Box 25082, , OK 73125.

Verma, E. C. L. 1977. *Engineering Drawing*. New Delhi. Khana Publishers

Wahana Komputer. 2002. *Menguasai AutoCAD 2002*. Jakarta: Salemba Infotek.